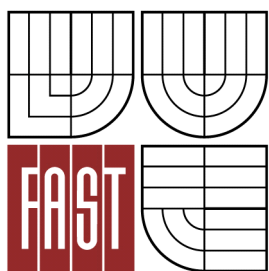




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV STAVEBNÍ MECHANIKY

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF STRUCTURAL MECHANICS

STATICKÉ ŘEŠENÍ DŘEVOSTAVBY

STATIC SOLUTION OF TIMBER STRUCTURE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN BURZA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. LUDĚK BRDEČKO, Ph.D.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav stavební mechaniky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Martin Burza
Název	Statické řešení dřevostavby
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Luděk Brdečko, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2012
Datum odevzdání bakalářské práce	24. 5. 2013
V Brně dne 30. 11. 2012	

.....
prof. Ing. Drahomír Novák, DrSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

- [1] Návrh dispozičního řešení dřevostavby.
- [2] EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí.
- [3] EN 1991-1-1-1 Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.
- [4] EN 1991-1-1-3 Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem.
- [5] EN 1991-1-1-4 Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem.
- [6] EN 1995-1-1: Navrhování dřevěných konstrukcí, Část 1-1: Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- [7] ČSN 73 1702: Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí – Obecná pravidla pro pozemní stavby.
- [8] BOHUMIL KOŽELOUH (překlad a redakce) Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5, Step 1: Navrhování a konstrukční materiály, KODR, Zlín, 2004.
- [9] BOHUMIL KOŽELOUH (překlad a redakce) Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5, Step 2: Navrhování detailů a nosných systémů, KODR, Zlín, 2004.
- [10] BOHUMIL KOŽELOUH (překlad a redakce) Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí, Komentář k ČSN 73 1702, ČKAIT, Praha, 2008.

Zásady pro vypracování

Práce se zabývá projektem dřevostavby rodinného domku [1] s komplikovanější dispozicí střešního pláště. Cílem je navrhnout a posoudit vhodný nosný systém stavby. Dílčí cíle budou zaměřeny na tvorbu výpočtového modelu střešní konstrukce, stanovení zatížení, kombinací zatížení, výpočtu vnitřních sil a přemístění konstrukce a následné statické posouzení vybraných prvků a detailů, popřípadě návrh variantního řešení. Pro výpočet vnitřních sil a přemístění bude využit vhodný MKP program. Výchozími předpisy pro stanovení zatížení a provedení posudků bude systém Eurokodů [2-6], popřípadě platná norma [7].

Předepsané přílohy

.....
Ing. Luděk Brdečko, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na řešení krovu dřevostavby. První část se zabývá zatížením působícím na prostorově složitý krov, který je modelován ve výpočtovém programu Scia Engineer 2012. Dále jsou v práci posuzovány nejvíce namáhané průřezy jednotlivých prvků krovu a vybrané spoje. V závěru práce je zhodnocen původní návrh konstrukce.

Klíčová slova

Krov, výpočtový model, dřevěná konstrukce, spoje

Abstract

The Bachelor thesis is focused on an analysis of a wooden house truss. The first part deals with the load acting on spatially complex roof structure which is modeled in the Scia Engineer 2012 analysis software. Furthermore, the work considers the most stressed cross sections of wood elements and selected joints. In conclusion, the Bachelor's thesis evaluates the original construction design.

Keywords

Truss, computational model, wooden structure, joints

Bibliografická citace VŠKP

BURZA, Martin. *Statické řešení dřevostavby*. Brno, 2013. XX s., YY s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky. Vedoucí práce Ing. Luděk Brdečko, Ph.D..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24.5.2013

.....
podpis autora
Martin Burza

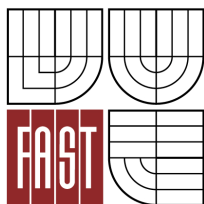
PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 24.5.2013

.....
podpis autora
Martin Burza



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce

Ing. Luděk Brdečko, Ph.D.

Autor práce

Martin Burza

Škola

Vysoké učení technické v Brně

Fakulta

Stavební

Ústav

Ústav stavební mechaniky

Studijní obor

3647R013 Konstrukce a dopravní stavby

Studijní program

B3607 Stavební inženýrství

Název práce

Statické řešení dřevostavby

Název práce v anglickém jazyce

Static solution of timber structure

Typ práce

Bakalářská práce

Přidělovaný titul

Bc.

Jazyk práce

Čeština

Datový formát elektronické verze

.pdf

Anotace práce

Bakalářská práce je zaměřena na řešení krovu dřevostavby. První část se zabývá zatížením působícím na prostorově složitý krov, který je modelován ve výpočtovém programu Scia Engineer 2012. Dále jsou v práci posuzovány nejvíce namáhané průřezy jednotlivých prvků krovu a vybrané spoje. V závěru práce je zhodnocen původní návrh konstrukce.

Anotace práce v anglickém jazyce

The Bachelor thesis is focused on an analysis of a wooden house truss. The first part deals with the load acting on spatially complex roof structure which is modeled in the Scia Engineer 2012 analysis software. Furthermore, the work considers the most stressed cross sections of wood elements and selected joints. In conclusion, the Bachelor's thesis evaluates the original construction design.

Klíčová slova

Krov, výpočtový model, dřevěná konstrukce, spoje

Klíčová slova v anglickém jazyce

Truss, computational model, wooden structure,
joints

Poděkování

Děkuji Ing. Lud'kovi Brdečkovi, Ph.D. za poskytnutí cenných informací, potřebné literatury a pomoci při vypracování této bakalářské práce. Děkuji také svým rodičům a blízkým za hmotnou a duševní podporu při studiu.

Obsah

1	Úvod.....	12
2	Popis konstrukce	13
2.1	Výpočtový model	13
3	Zatížení	17
3.1	Stálé zatížení.....	17
3.2	Proměnné zatížení	19
3.2.1	Zatížení sněhem	19
3.2.2	Zatížení větrem.....	22
3.3	Zatěžovací stavy	25
3.4	Kombinace zatížení	27
4	Analýza konstrukce a posouzení prvků	28
4.1	Běžná krokve	29
4.2	Nárožní krokve	32
4.3	Úžlabní krokve	33
4.4	Vrcholová vaznice	36
4.5	Středová vaznice.....	37
4.6	Kleštiny	39
4.7	Šikmá vzpěra	41
4.8	Rozpěra.....	41
4.9	Pásek.....	42
4.10	Vazný trám	43
4.11	Sloup.....	44
5	Posouzení vybraných spojů	47
5.1	Spoj kleštiny a běžné krokve	47
5.2	Spoj Nárožní a běžné krokve.....	48
6	Závěr	54

1 Úvod

Tato práce je zaměřená na statické řešení krovu dřevěného rodinného domu, který navrhl projektant společnosti Wood System ve Žďáru nad Sázavou (viz příloha A). Kvůli složitosti konstrukce střešního pláště se zhotovil 3D model daného krovu ve výpočetním MKP programu Scia Engineer 2012. V popisu konstrukce jsou popsány informace o rodinném domu a výpočtovém modelu řešené konstrukce krovu. V modelu krovu jsou dále rozebrány základní nosné systémy modelované ve výše uvedeném programu.

V následující části se určila vlastní tíha prvků krovu už zmíněným programem. Pro výpočet stálého zatížení, zatížení sněhem a větrem byly použity normy ČSN EN 1991-1-1 část 1-4 [5] (viz příloha B). Zatěžovací stavy a kombinace byly generovány programem Scia Engineer 2012.

Ve čtvrté části se analyzovaly nosné prvky krovu a posoudil se mezní stav únosnosti dle normy ČSN 73 1702 [7] (příloha C). Každý druh nosného prvku je popsán dimenzemi a funkcí, kterou plní v konstrukci krovu. Rozebrali se zde taky vnitřní síly vybraných prvků (zejména maximální hodnoty), pro posouzení mezních stavů únosnosti jednotlivých prvků.

Dále byly vybrány dva spoje, které se posoudili dle normy ČSN EN 1995-1 [6]. Rozměry a uspořádání spojovacích prostředků se navrhli tak, aby splňovali potřebnou pevnost a tuhost konstrukce.

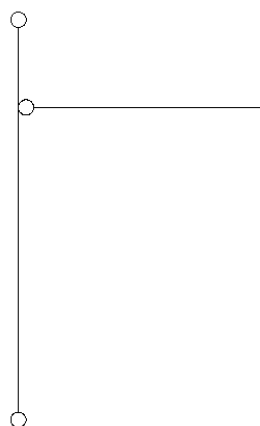
V závěru práce je zhodnocen návrh krovu a případné doporučené změny dimenzí budou zdůrazněny.

2 Popis konstrukce

Dřevostavba se nachází na vysočině, z čehož vyplývá sněhová a větrná oblast pro výpočet zatížení. Objekt má dvě poschodí s celkovou výškou 6,875m. Střecha se skládá ze dvou základních tvarů: sedlová a valbová. Celkový tvar je rozdělený na dvě na sebe kolmé polovalby a tři vikýře sedlového typu. Konstrukční výška modelované střechy je 3,7m. Krov se skládá z následujících typických nosních prvků: obyčejné, nárožní a úžlabné krokve, středné vaznice, kleštiny, pásky, sloupy, šikmé vzpěry, rozpěry, a vazné trámy. Vstupní hodnoty, skladba střechy a rozměry krovu byly použité z výkresové dokumentace reálného rodinného domu společnosti Wood System.

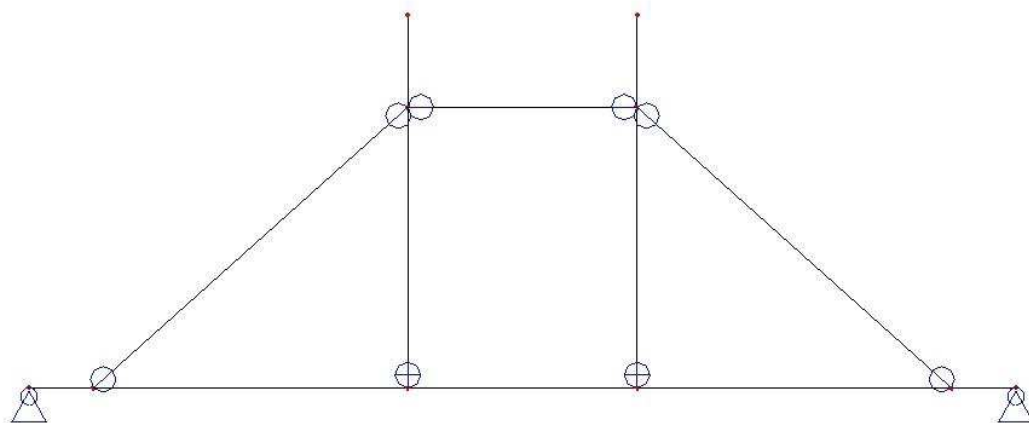
2.1 Výpočtový model

Z důvodu složitosti střešního pláště se pro výpočet vnitřních sil krovu použil 3D model výpočtového programu Scia Engineer 2009. Vodorovná stabilita dolní konstrukce je zajištěná pomocí podlahy, která je složená ze stropních dřevěných trámů KVH – 80/220mm a ocelového pozinkovaného roštu – 50mm. Svislé obvodové stěny mají dostatečnou tuhost ve svojí rovině zabezpečenou OSB deskami / příhradovým systémem dřevěných trámů. Vycházelo se z předpokladu, že strop je tuhý ve své rovině a ke stěnám je uložen kloubově. Horní převislý konec stěny má dostatečnou tuhost v podélném i příčném směru. Pozednice je proto považovaná jako neposuvná podpora.



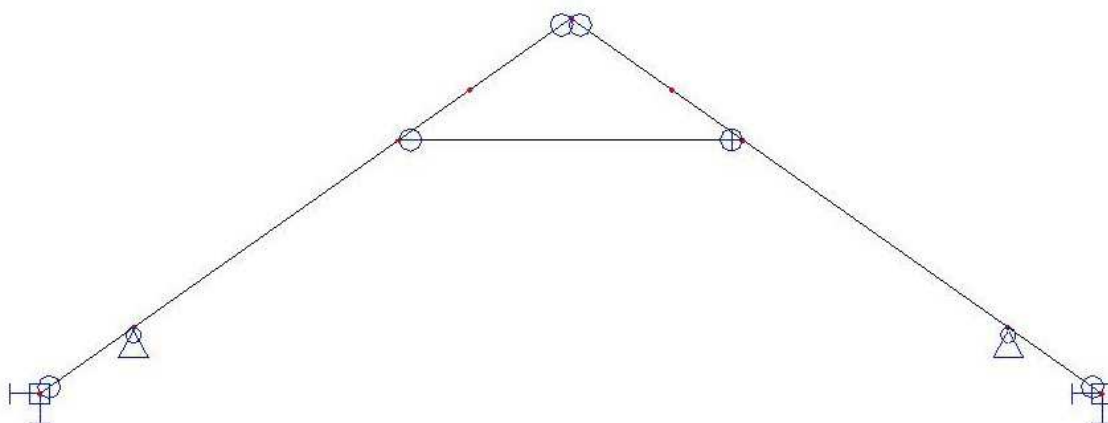
Obr. 1 Model stropu

Rovinný model plné vazby je tvořen sloupky, šikmými vzpěrami, rozpěrou a vazným trámem. Rozpěra je připojená k sloupkům kloubovými spoji, rozpěry jsou připojené k sloupkům a vaznému trámu kloubově a sloupky k vaznému trámu taktéž kloubovými spoji. Sestava je ve své rovině dvakrát staticky neurčitá.



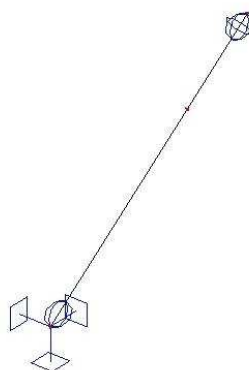
Obr. 2 Plná vazba

Krokev přenáší všechno zatížení z pláště střechy na ostatní nosné prvky. Její osedlání na pozednici je modelované jako uložení na neposuvné podpoře s převislým koncem a osedlání na vaznici je idealizováno jako pevný spoj. Většina krokví je vyztužená kleštinami, které jsou na obou koncích připojené opět kloubově.



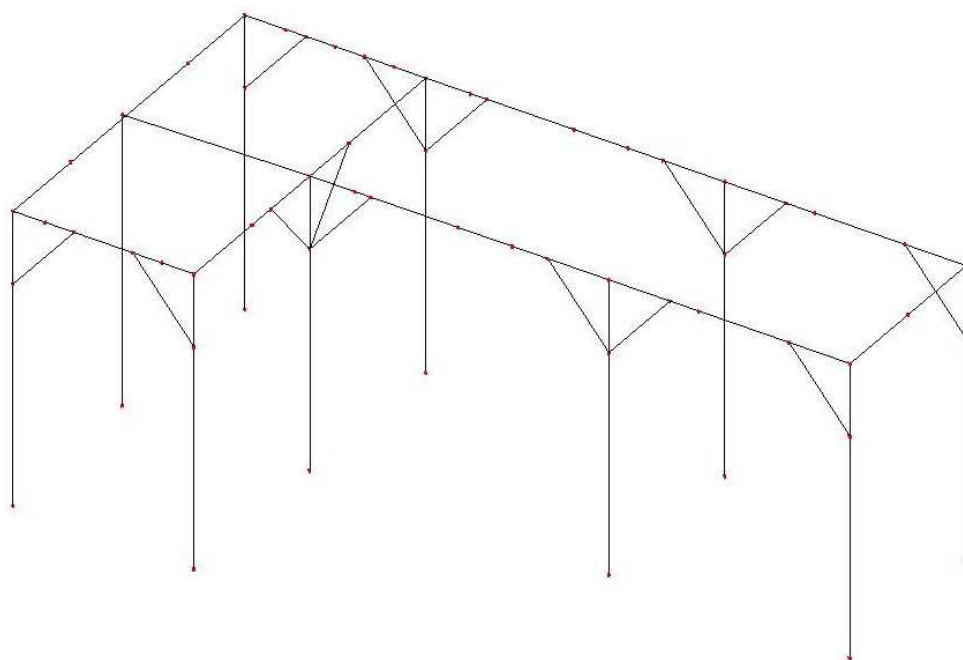
Obr. 3 Běžná krokev s kleštinou

Aby mohl výpočet vnitřních sil proběhnout v pořádku, muselo se zabezpečit torzní uchycení jednotlivých prutů. Volné konce krokvi jsou pevně uchyceny proti otáčení ve všech třech směrech globální souřadné soustavy a následně na prutu v jeho lokálním souřadném systému uvolněny dvěma klouby v rovinách ohybu. Výsledkem je zabránění rotace prvku kolem vlastní osy v lokálním souřadném systému. Prut se v osedlání na vaznici i na pozednici uvažuje jako průběžný a jeho oslabení se uvažuje v posudku únosnosti. Díky tomu je po korektním výpočtu maximální a minimální krouticí moment v celé konstrukci krovu $M_x = \pm 0,3 \text{ kNm}$ zanedbatelný oproti velikosti ostatních vnitřních sil.



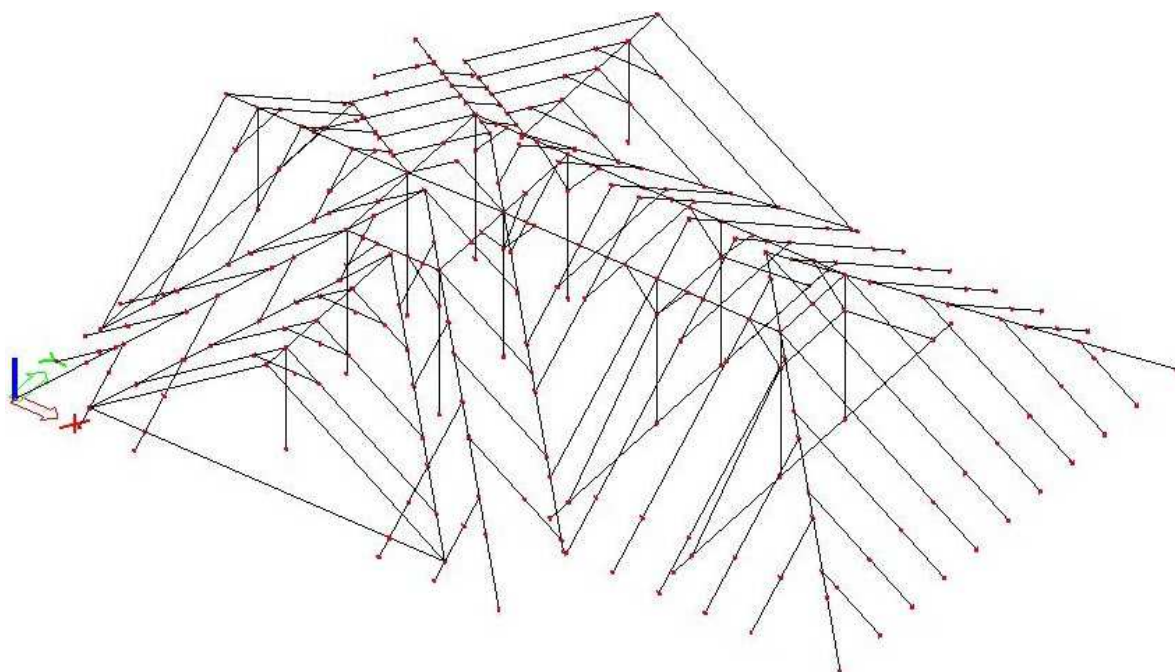
Obr. 4 Zamezení kroutícího momentu na běžné krokvi

Systém středových vaznic podepírá běžné, nárožní i úžlabní krokve. Tyto vaznice jsou uloženy na sloupcích kloubově a pro zmenšení ohybových momentů v poli dlouhých prutů jsou přidány pásy (viz obr. 5). Připojení pásů ke sloupkům a vaznicím je modelované také kloubově.



Obr. 5 Systém středových vaznic se sloupky a pásy

Celkový model krovu (viz obr. 6) se skládá z následujících nosných prvků: běžná krokev, nárožní krokev, úžlabní krokev, kleštiny, vrcholová vaznice (u vikýřů), středová vaznice, pásek, sloupek, šikmá vzpěra, rozpěra a vazný trám.



Obr. 6 Celkový model krovu

3 Zatížení

V této práci se počítalo s následným zatížením:

- **stálé zatížení G:** vlastní tíha krovu, ostatní stálé zatížení od střešní konstrukce
- **proměnné zatížení Q:** zatížení sněhem, zatížení větrem

Hodnoty výše uvedených druhů zatažení byly vypočítané v souladu s normou ČSN EN 1991-1.

3.1 Stálé zatížení

První zatěžovací stav, vlastní tíha prvků střechy, byl automaticky vygenerován programem Scia Engineer 2009. Třída pevnosti použitého dřeva je C24.

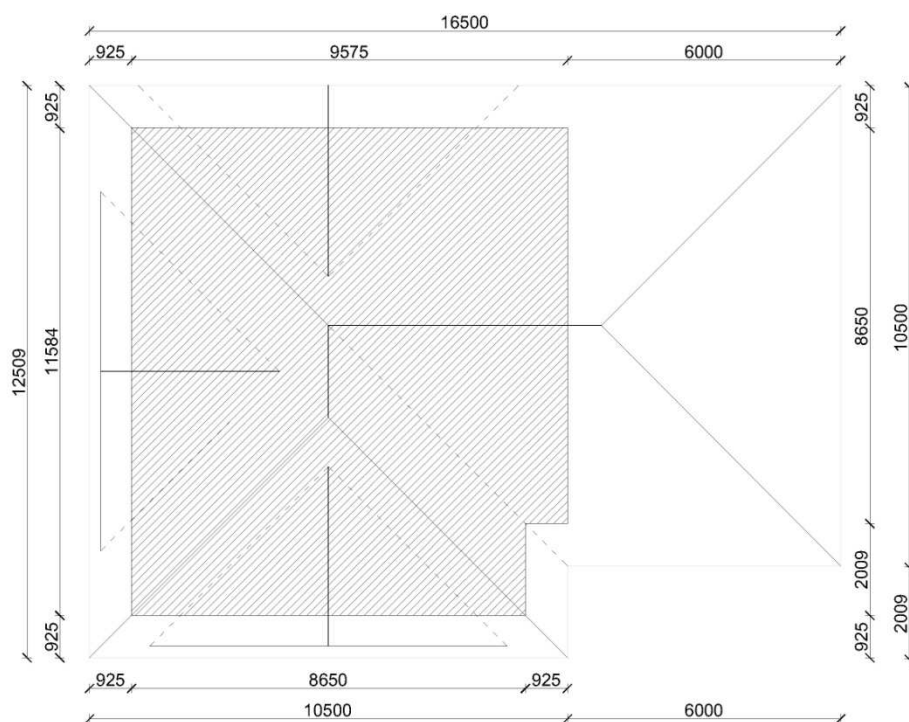
Ostatní stálá zatížení byla spočítána v druhém zatěžovacím stavu jako součet zatížení jednotlivých konstrukčních vrstev střechy na jeden metr běžný dle jejich objemových hmotností. Kvůli rozdělení krovu na obytnou a neobytnou část se uvažovaly dvě varianty zatížení: a) plná skladba střešní krytiny a b) skladby bez zateplení.


Tab. 1 a) Plná skladba


Název konstrukční vrstvy	Objemová tíha	Zatížení
Betonová střešní taška Bramac alpská (KM Beta)	43 kg/m ²	0,43 kN/m
Dřevěné latě a konralatě - 35x35mm	470 kg/m ³	0,00575 kN/m
Pojízdná difúzní fólie Jutadach (Tyvek)	-	0 kN/m
Tepelná izolace Rockwool (Orsil) - 160mm	6,4 kg/m ²	0,01024 kN/m
Dřevěné latě - 60mm	470 kg/m ³	0,017 kN/m
Tepelná izolace mezi latě Rockwool (Orsil) - 60mm	6,4 kg/m ²	0,00384 kN/m
Ocelový pozinkovaný rošt 50mm	33,3kg/m ²	0,333 kN/m
Parotěsná zábrana Jutafol Al (Sunflex)	-	0 kN/m
Sádrokartón GKF - 15mm	800 kg/m ³	0,12 kN/m
Součet		0,920 kN/m

Tab. 2 b) Skladba bez zateplení

Název konstrukční vrstvy	Objemová tíha	Zatížení
Betonová střešní taška Bramac alpská (KM Beta)	43 kg/m ²	0,43 kN/m
Dřevěné latě a kontralatě - 35x35mm	470 kg/m ³	0,00575 kN/m
Pojízdná difúzní fólie Jutadach (Tyvek)	-	0 kN/m
Ocelový pozinkovaný rošt 50mm	33,3kg/m ²	0,333 kN/m
Parotěsná zábrana Jutafol Al (Sunflex)	-	0 kN/m
Sádrokartón GKF - 15mm	800 kg/m ³	0,12 kN/m
Součet		0,899 kN/m



 Plná skladba

 Skladba bez zateplení

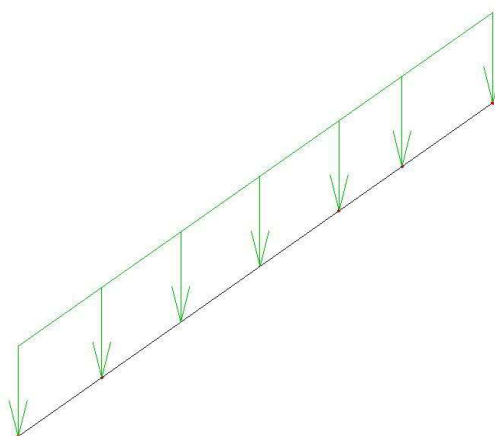
Obr. 7 Půdorys stálého zatížení

Kleštiny jsou zatížené v obytné části tíhou zateplení.

Tab. 3 Zateplení

Název konstrukční vrstvy	Objemová tíha	Zatížení
Dřevěná prkna - 35x35mm	470 kg/m ³	0,00575 kN/m
Tepelná izolace mezi kleštiny Rockwool (Orsil) - 160mm	6,4 kg/m ²	0,01024 kN/m
Dřevěné latě a kontralatě - 60mm	470 kg/m ³	0,017 kN/m
Tepelná izolace mezi latě Rockwool (Orsil) - 60mm	6,4 kg/m ²	0,00384 kN/m
Ocelový pozink. rošt 50mm	33,3kg/m ²	0,333 kN/m
Parotěsná zábrana JutafoI Al (Sunflex)	-	0 kN/m
Sádkokarton GKF - 15mm	800 kg/m ³	0,12 kN/m
Součet		0,490 kN/m

Plošné zatížení na střechu bylo propočtené podle roznášecí šířky jednotlivé krokve na spojitě zatížení na prutu. Zatěžovaly se jenom běžné krokve, které přenáší veškeré zatížení dál do nosních prvků krovu. Příklad svislého stálého zatížení na běžnou krokev je znázorněn na obr. 8.



Obr. 8 Stálé zatížení na běžnou krokev

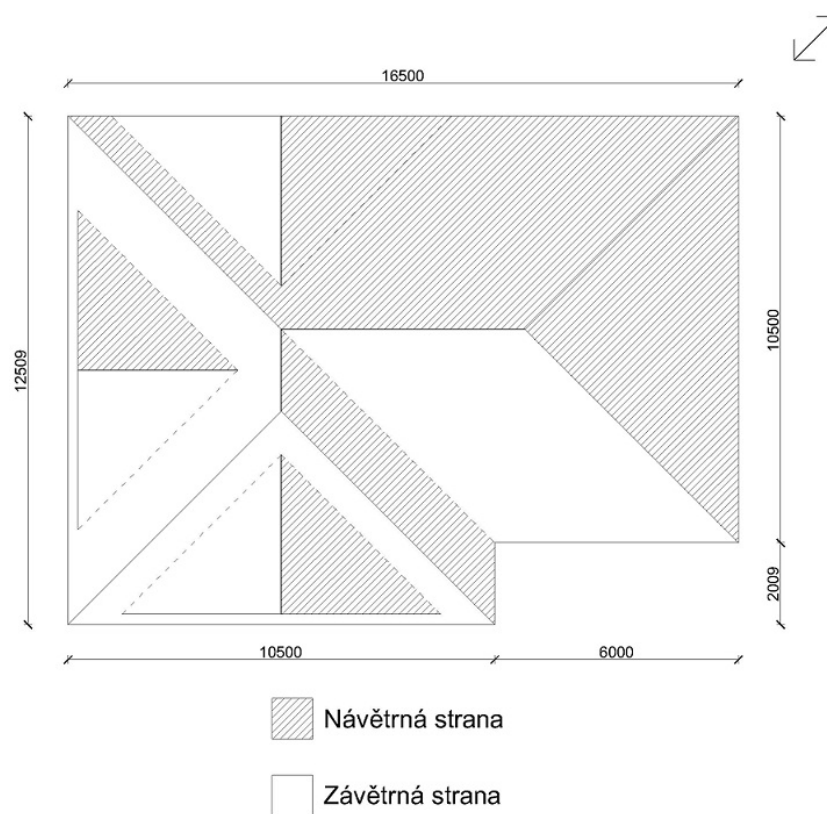
3.2 Proměnné zatížení

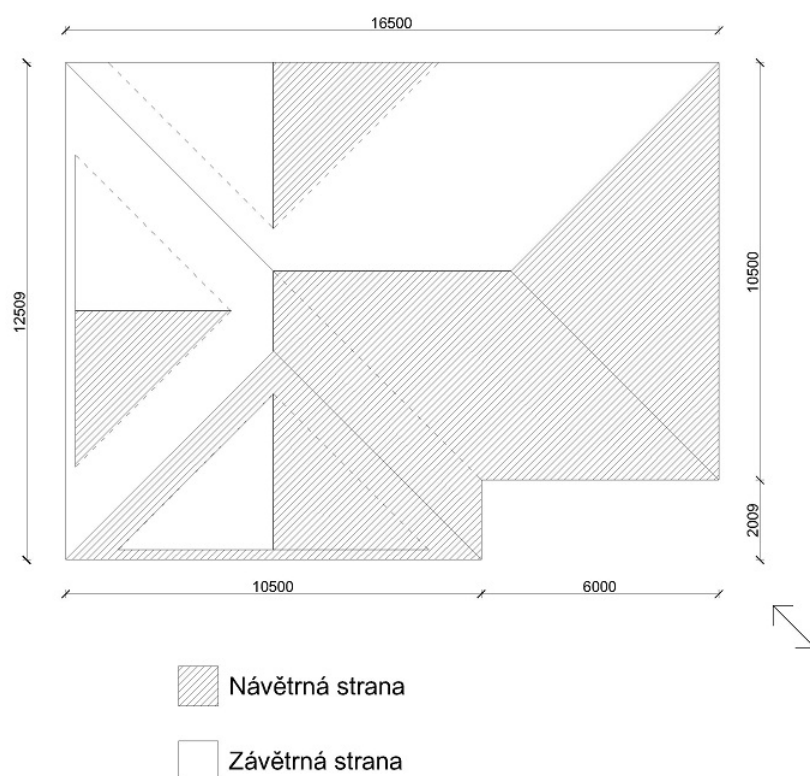
3.2.1 Zatížení sněhem

Zatížení sněhem bylo určené podle lokality z mapy sněhových oblastí a typu terénu. Z dané situace vyplývá pět zatěžovacích stavů. V prvním zatěžovacím stavu se předpokládá plné zatížení po celé ploše střechy. Druhý až pátý zatěžovací stav vyplývají ze dvou hlavních směrů větru a jim odpovídajícímu navátí sněhu: návětrná a závětrná část střechy.

Tab. 4 Vstupné hodnoty pro výpočet zatížení sněhem

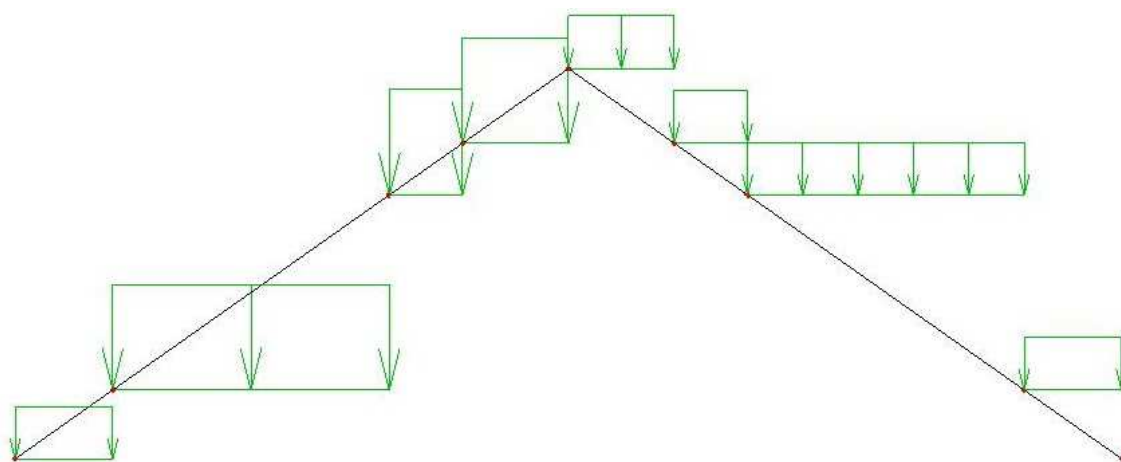
Sklon střechy	35°
Sněhová oblast	IV
Základní tíha sněhu (char. Hodnota s_k)	2,25 kN/m ²
Typ krajiny	chráněná
Součinitel expozice C_e	1,20
Tepelný součinitel C_t	1,00
Součinitel ψ_0 pro sníh	0,50
Tvarový součinitel μ_1	0,6667
Zatížení sněhem s	1,80 kN/m²


Obr. 9 Zatížení sněhem - směr 1



Obr. 10 Zatížení sněhem - směr 2

Příklad zatížení sněhem, které působí jako vodorovný průmět na šikmost střechy, je znázorněn na obr. 11. Z normy ČSN EN 1991-1-3 - zatížení sněhem vyplývá předpoklad, že na návětrné straně působí plné zatížení a na závětrné části střechy působí 0,5 násobek plného zatížení.



Obr. 11 Příklad zatížení sněhem

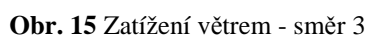
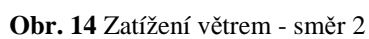
3.2.2 Zatížení větrem

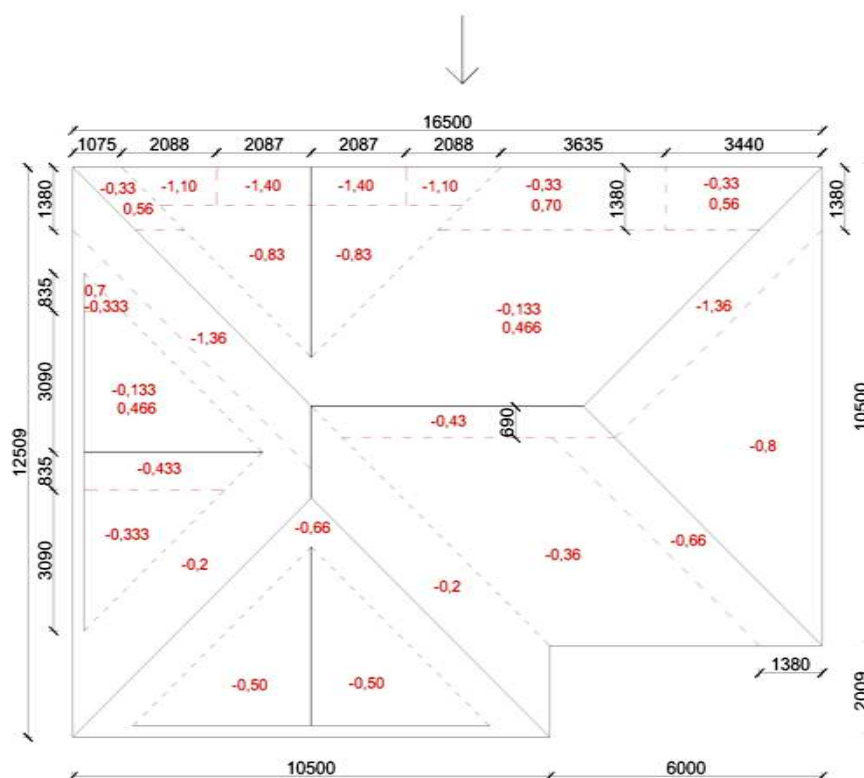
Zatížení větrem se určilo z mapy větrných oblastí a typu terénu. Podle kategorie terénu a větrové oblasti se z normy ČSN EN 1991-1-4 určili vstupní parametry pro výpočet maximálního dynamického tlaku větru.

Tab. 5 Vstupné hodnoty pro výpočet zatížení větrem

Větrová oblast		II
Kategorie terénu	vesnice	III
Normová základní rychlost větru	$v_{b,0}$	25 m/s
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	1,25 kg/m ³
Součinitel směru	c_{dir}	1,00
Součinitel orografie	c_o	1,00
Součinitel ročního období	c_{season}	1,00
Referenční výška	z	6,875 m
Součinitel turbulence	k_l	1,00
Parametr drsnosti terénu	z_0	0,30 m
Parametr drsnosti terénu	z_{min}	5,00 m
Parametr drsnosti terénu	$z_{0,II}$	0,05 m
Rychlost větru	v_b	25,00 m/s
Základní dynamický tlak větru	q_b	391 N/m ²
Součinitel terénu	k_r	0,215
Směrod. odchylka rychlosti větru	σ_v	5,385 m/s
Součinitel drsnosti terénu	c_r	0,675
Střední rychlost větru	v_m	16,86 m/s
Intenzita turbulence	$I_v(z)$	0,319
Maximální dyn. tlak větru	$q_p(z)$	575 N/m²

Plošné zatížení větru působí kolmo na lokální souřadný systém běžné krokve. Oblasti součinitelů tlaku větru se navrhly podle parametrů pro sedlovou a valbovou střechu k částím jim odpovídajícím z normy ČSN EN 1991-1-4 - zatížení větrem.





Obr. 16 Zatížení větrem - směr 4

3.3 Zatěžovací stavy

1. Zatěžovací stav
 - typ působení: stálé
 - typ zatížení: **vlastní tíha konstrukce** krovu (generováno výpočtovým programem Scia Engineer 2012)
2. Zatěžovací stav
 - typ působení: stálé
 - typ zatížení: **vlastní tíha střešní krytiny** (viz obr. 7 a 8)
3. Zatěžovací stav
 - typ působení: proměnné
 - typ zatížení: **sníh – rovnoměrné zatížení** na celý vodorovný průmět plochy střechy (viz obr. 11)
4. Zatěžovací stav
 - typ působení: proměnné
 - typ zatížení: **sníh – navátí** v směru 1 (viz obr. 9), přitížení na **návětrné** straně

5. Zatěžovací stav
 - typ působení: proměnné
 - typ zatížení: **sníh** – navátí v směru 1 (viz obr. 9), přetížení na **závětrné** straně
6. Zatěžovací stav
 - typ působení: proměnné
 - typ zatížení: **sníh** – navátí v směru 2 (viz obr. 10), přetížení na **návětrné** straně
7. Zatěžovací stav
 - typ působení: proměnné
 - typ zatížení: **sníh** – navátí v směru 2 (viz obr. 10), přetížení na **závětrné** straně
8. Zatěžovací stav
 - typ působení: proměnné
 - typ zatížení: **vítr** – směr 1 (viz obr. 13), součinitel tlaků a sil c_{pe} – **tlak**
9. Zatěžovací stav
 - typ působení: proměnné
 - typ zatížení: **vítr** – směr 1 (viz obr. 13), součinitel tlaků a sil c_{pe} – **sání**
10. Zatěžovací stav
 - typ působení: proměnné
 - typ zatížení: **vítr** – směr 2 (viz obr. 14), součinitel tlaků a sil c_{pe} – **tlak**
11. Zatěžovací stav
 - typ působení: proměnné
 - typ zatížení: **vítr** – směr 2 (viz obr. 14), součinitel tlaků a sil c_{pe} – **sání**
12. Zatěžovací stav
 - typ působení: proměnné
 - typ zatížení: **vítr** – směr 3 (viz obr. 15), součinitel tlaků a sil c_{pe} – **tlak**
13. Zatěžovací stav
 - typ působení: proměnné
 - typ zatížení: **vítr** – směr 3 (viz obr. 15), součinitel tlaků a sil c_{pe} – **sání**
14. Zatěžovací stav
 - typ působení: proměnné
 - typ zatížení: **vítr** – směr 4 (viz obr. 16), součinitel tlaků a sil c_{pe} – **tlak**
15. Zatěžovací stav
 - typ působení: proměnné
 - typ zatížení: **vítr** – směr 4 (viz obr. 16), součinitel tlaků a sil c_{pe} – **tlak**

3.4 Kombinace zatížení

Výpočtový program Scia Engineer generoval kombinace zatížení dle ČSN EN 1990. Použité mezní stavy:

- STR - vnitřní porucha nebo nadměrná deformace konstrukce nebo nosných prvků včetně základových patek, pilot, základových stěn atd., kde rozhoduje pevnost konstrukčních materiálů
- GEO - Porucha nebo nadměrná deformace základové půdy, kde pevnosti zeminy nebo skalního podloží jsou pro odolnost významné

Pro tyto mezní stavy byly použity méně příznivé kombinace pomocí dvou vzorců 6.10a a 6.10b.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10a)$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10b)$$

Uvažovala se první kombinace CO1 pro mezní stav únosnosti na vnitřní poruchu nosných prvků - MSÚ STR a druhá kombinace CO2 pro mezní stav použitelnosti jako charakteristické zatížení – MSP charakteristická.

4 Analýza konstrukce a posouzení prvků

Celý model střechy se skládá z více prvků. Rozlišují se dimenzemi a funkcí, kterou plní v systému krovu. Podle mezních stavů únosnosti z normy ČSN EN 1995-1 [11] vyplývají následovné podmínky pro **kombinaci ohybu a osového tlaku**, které musí být splněny:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

kde $\sigma_{c,0,d}$ je návrhové napětí v tlaku podél vláken

$\sigma_{m,y,d}$ a $\sigma_{m,z,d}$ jsou návrhová napětí v ohybu k hlavním osám průřezu

$f_{c,0,d}$ je návrhová pevnost v tlaku podél vláken

$f_{m,y,d}$ a $f_{m,z,d}$ jsou návrhové pevnosti v ohybu k hlavním osám průřezu

k_m je součinitel tvaru průřezu (pro obdélníkové průřezy ... 0,7
pro ostatní průřezy ... 1,0)

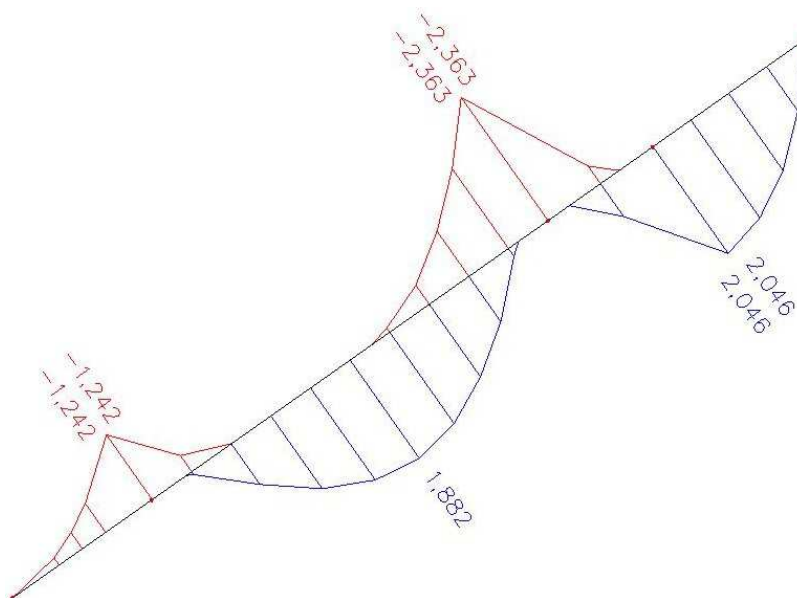
Výše uvedené podmínky byly posuzovány u všech prvků kromě sloupů, které byly posouzeny na **kombinaci tlaku a ohybu pro sloupy** [11]:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

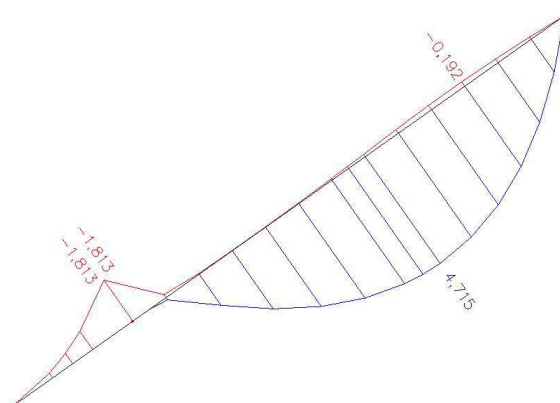
4.1 Běžná krokve

Běžná krokve plní funkci základního nosného prvku. Přenáší zatížení stálé od krytiny střechy a teda i proměnné zatížení od větru a sněhu. Osa y prvku běžné krokve je v rovině střechy. Její průřez má rozměry 100x160 mm a délka se mění podle konkrétního uložení v krovu. Nejdelší měří 6,422m a je namáhána tahem, vzpěrným tlakem, ohybem a kombinací vzpěru a ohybu. Obálka ohybových momentů koresponduje se statickým systémem prvku (viz obr. 17). V místě záporného nepodporového momentu je reálně krokve uložena na pozednici, druhý nadpodporový moment vzniká nad spojem krokve s kleštinou a v místě uložení na střední vaznici vzniká kladný ohybový moment. Protože nejdelší krokve je spojitý nosník o dvou polích s převýslými konci, moment M_y v poli není největší.



Obr. 17 Všeobecní vnitřní síly na běžné krokvi

Posudek na kombinaci ohybu a vzpěru u obyčejné krokve se ověřil na prvku o jednom poli, bez horního konce s hodnotou maximálního kladného momentu $M_y = 4,715$ kNm a jemu příslušné hodnoty osového tlaku $N = -11,033$ kN (viz obr. 18).

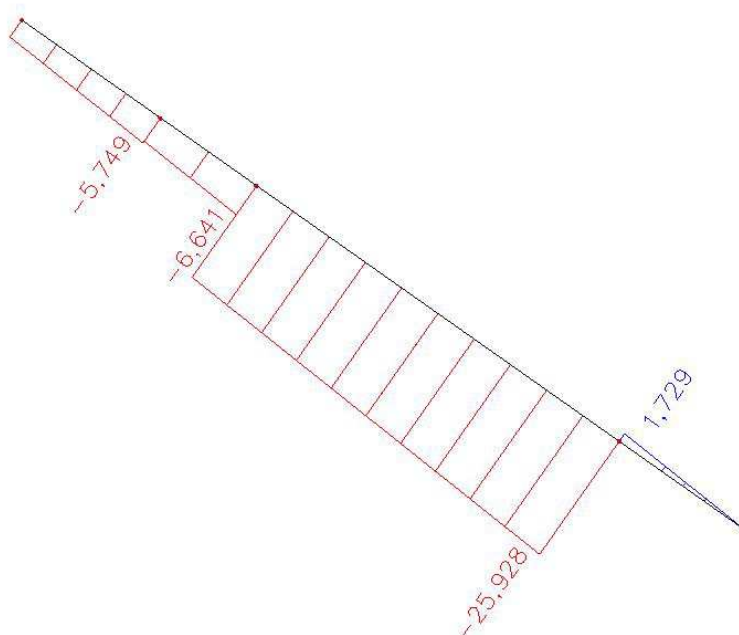


Obr. 18 Běžná krokv - Maximální kladný ohybový moment v poli

Tab. 6 Běžná krokv – maximální ohybový moment M_y

Posudek na kombinaci ohybu a vzpěru – řez - maximální kladný moment v poli					
vliv tlaku	0,124		vliv tlaku	0,294	
vliv ohybu, y	0,665		vliv ohybu, z	0,000	
Součet	0,680	vyhoví	Součet	0,552	vyhoví

Při výběru maximální záporné normálové síly $N = -25,928$ kN a její příslušného momentu $M_y = 1,377$ kNm v poli krokvi daný průřez taky vyhoví na posudek kombinaci ohybu a vzpěru.

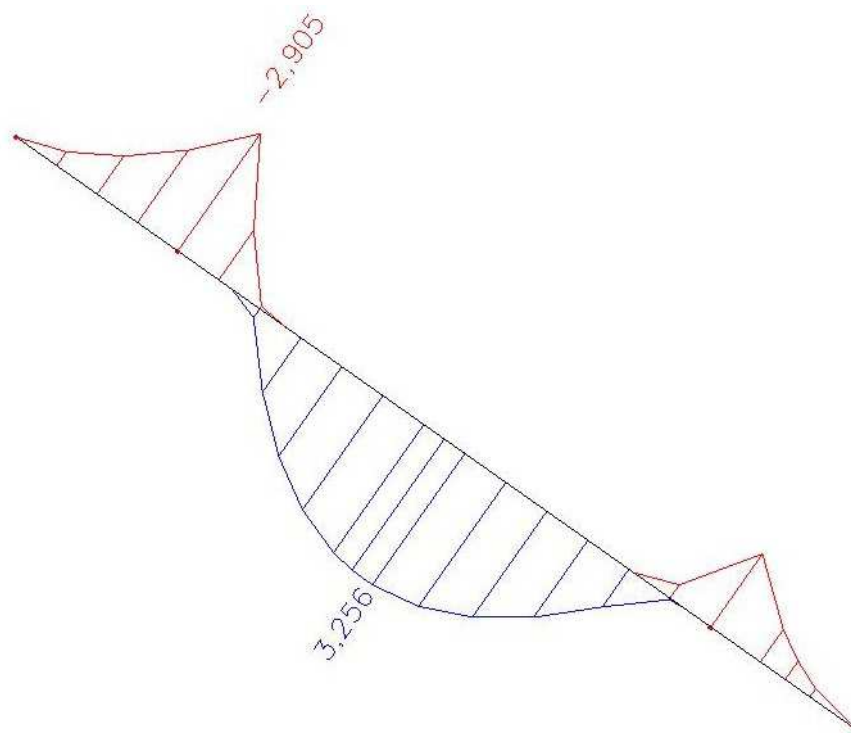


Obr. 19 Běžná krokv - Maximální tlaková normálová síla

Tab. 7 Běžná krokve – maximální osová tlaková síla

Posudek: Maximální kladná normálová síla v krokvi					
vliv tlaku	0,199		vliv tlaku	0,444	
vliv ohybu, y	0,194		vliv ohybu, z	0,004	
Součet	0,237	vyhoví	Součet	0,337	vyhoví

Další posuzovaný řez je v spoji krokve s vaznicí, kde vzniká záporný nadpodporový moment $M_y = -2,905$ kNm na obyčejné krokvi dlouhé 6,422m. V tomto místě středová vaznice působí jako podpora. Osedlání běžné krokve na vaznici způsobuje oslabení jejího průřezu z 100x160mm na výšku 1/3 neoslabeného průřezu, tedy 100x106mm.



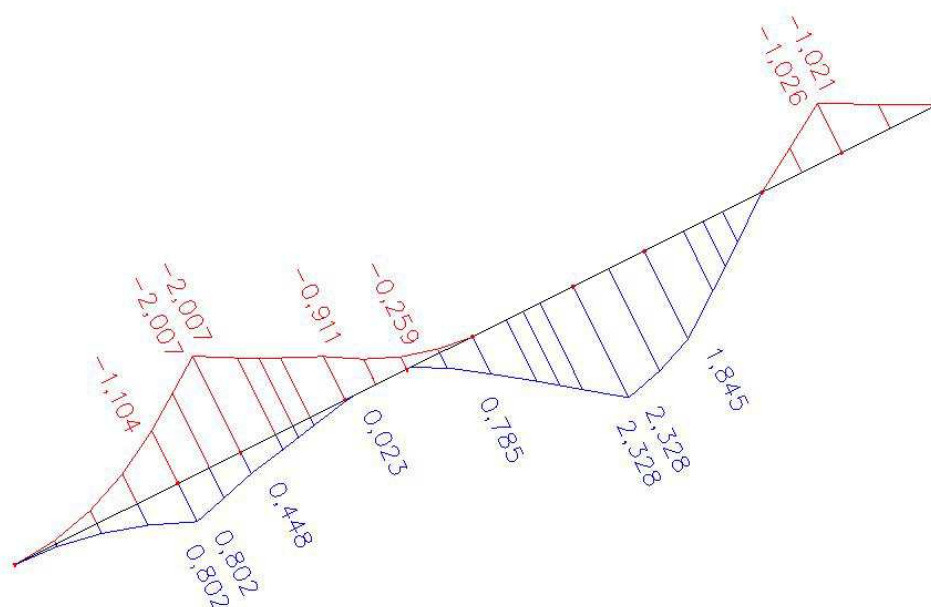
Obr. 20 Běžná krokve - Maximální záporný nadpodporový ohybový moment

Tab. 8 Běžná krokve – maximální nadpodporový ohybový moment

Posudek na maximální záporný nadpodporový moment v místě osedlání na vaznici		
vliv ohybu, y	0,924	
vliv ohybu, z	0,005	
Součet	0,929	vyhoví

4.2 Nárožní krokve

Nárožní krokve podepírá běžné krokve na nárožních hranách střechy. Přenáší podporové reakce těchto krokví a tedy obálka vnitřních sil odpovídá statickému systému prostého nosníku o více bodových zatíženích (viz obr. 18). Všechny nárožní krokve mají délku 8,296m a jejich průřezy mají rozměry 120x220 mm. Na obrázku je nárožní krokve s maximálním kladným $M_y = 2,328$ kNm i záporným momentem $M_y = -2,007$ kNm.



Obr. 21 Nárožní krokve - Maximální kladný i záporný ohybový moment

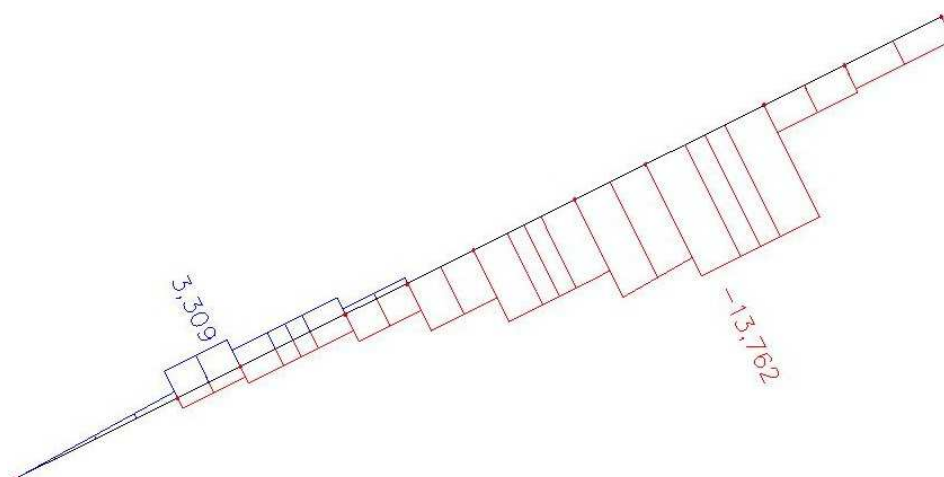
Tab. 9 Nárožní krokve – maximální ohybový moment v poli

Posudek na maximální kladný moment v poli nárožní krokve					
vliv tlaku	0,088		vliv tlaku	0,270	
vliv ohybu, y	0,145		vliv ohybu, z	0,000	
Součet	0,153	vyhoví	Součet	0,174	vyhoví

Tab. 10 Nárožní krokve – maximální nadpodporový ohybový moment

Posudek na maximální záporný nadpodporový moment		
vliv ohybu, y	0,125	
vliv ohybu, z	0,035	
Součet	0,150	vyhoví

Tento prvek je z konstrukčních důvodů předimenzován, takže vyhoví na oba extrémní ohybové momenty i tlakovou normálovou sílu $N = -18,121$ kN.



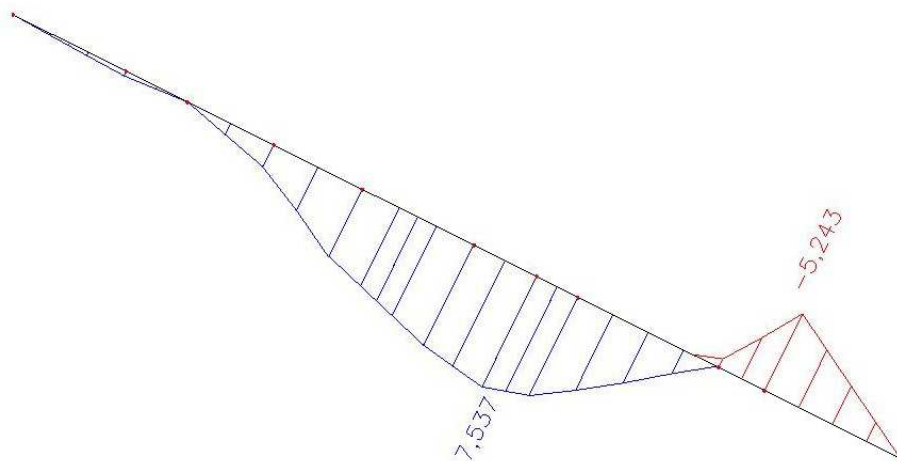
Obr. 22 Náročný krok – Maximální tlaková osová síla

Tab. 11 Náročný krok – maximální tlaková osová síla

Posudek na maximální tlakovou normálovou sílu					
vliv tlaku	0,116		vliv tlaku	0,356	
vliv tlaku, y	0,073		vliv tlaku, z	0,117	
Součet	0,391	vyhoví	Součet	0,434	vyhoví

4.3 Úžlabní krok

Úžlabní krok plní stejnou funkci jako náročný krok, ale nachází se v úžlabí střechy. Nejdelší má délku 8,069 m a rozměry průřezu 120x220 mm. Vzniká na ní největší kladný moment $M_y = 7,537$ kNm a jemu příslušná záporná normálová síla $N = -15,473$ kN. V místě záporného momentu je uložení na pozednici. Záporný moment pro stejný průřez vyhoví.

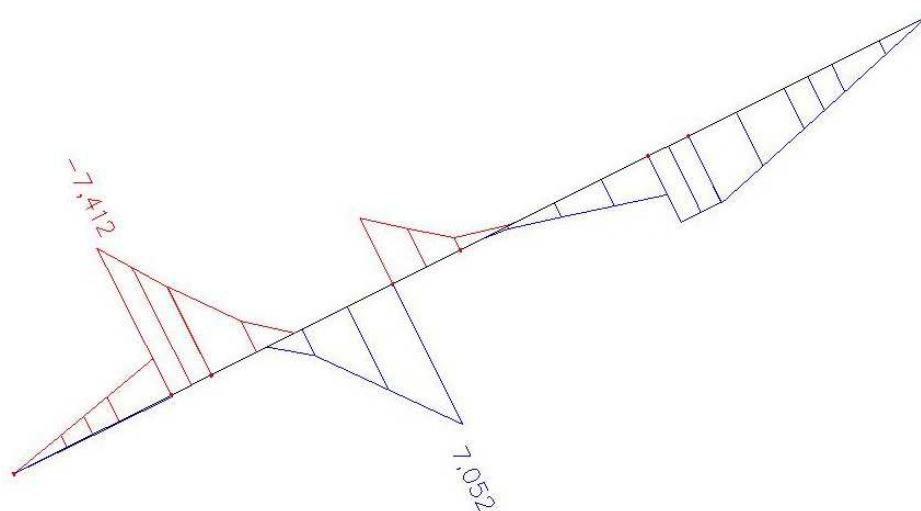


Obr. 23 Úžlabní krokev 120x220mm - Maximální kladný ohybový moment

Tab. 12 Úžlabní krokev – maximální ohybový moment v poli

Posudek na maximální kladní moment v poli úžlabní krokev					
vliv tlaku	0,073		vliv tlaku	0,211	
vliv ohybu, y	0,469		vliv ohybu, z	0,091	
Součet	0,537	vyhoví	Součet	0,463	vyhoví

Ostatní úžlabní krokev vznikají kvůli vikýřům na valbových částech střechy s délkou 6,087 m a průřezem o rozměrech 120x180 mm. Kladný moment $M_y = 7,052$ kN vzniká účinkem podporové reakce od běžné krokev, která není uložena na pozednici a jemu příslušná normálová síla má hodnotu $N = -19,186$ kN. Maximální záporný moment $M_y = -7,412$ kNm, vzniká v místě připojení běžné krokev, která je v blízkosti spoje uložena na pozednici, takže působí víc jako podpora pro úžlabní krokev.



Obr. 24 Úžlabní krokev 120x180mm - Maximální kladný i záporný ohybový moment

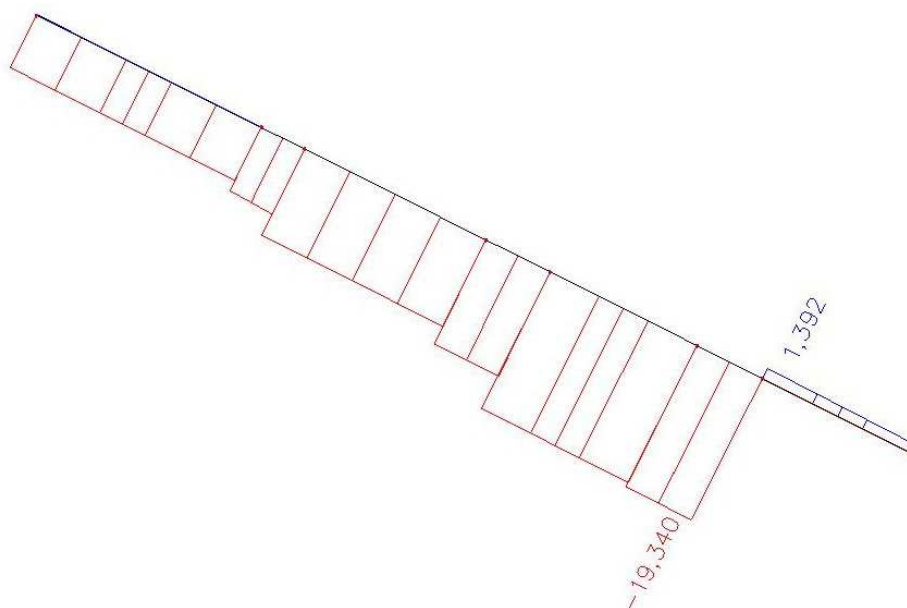
Tab. 13 Úžlabní krokev – maximální ohybový moment v poli

Posudek na maximální kladný moment v poli úžlabní krokve					
vliv tlaku	0,188		vliv tlaku	0,263	
vliv ohybu, y	0,655		vliv ohybu, z	0,185	
Součet	0,820	vyhoví	Součet	0,712	vyhoví

Tab. 14 Úžlabní krokev – maximální nadpodporový ohybový moment

Posudek na maximální záporný nadpodporový moment		
vliv ohybu, y	0,688	
vliv ohybu, z	0,185	
Součet	0,818	vyhoví

Posudek na kombinaci maximální normálové síly $N = -19,340 \text{ kN}$ a jí příslušný moment $M_y = -7,239 \text{ kNm}$, průřez vyhoví s využitím na 83%.

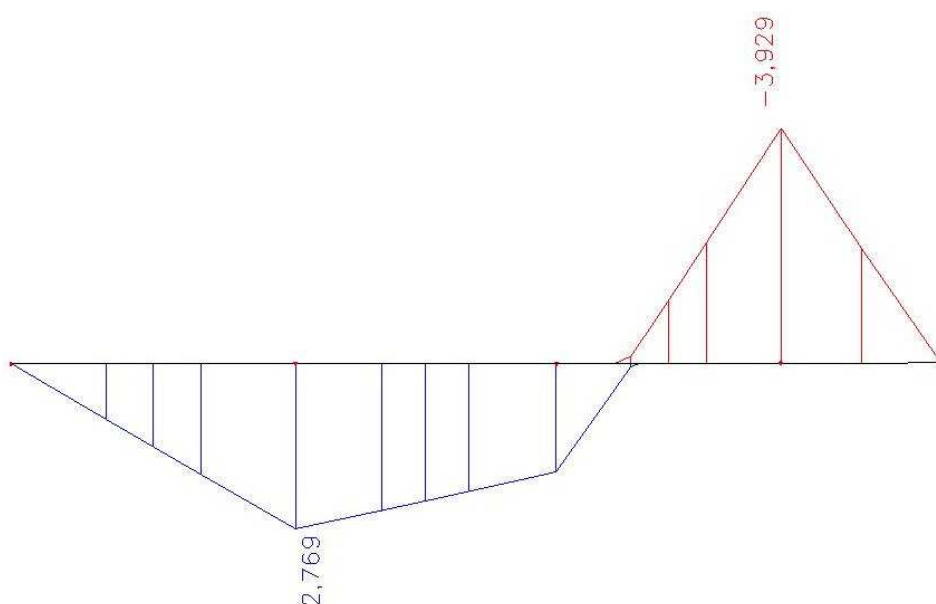

Obr. 25 Úžlabní krokev - Maximální tlaková normálová síla

Tab. 15 Úžlabní krokev – maximální tlaková osová síla

Posudek na maximální tlakovou normálovou sílu					
vliv tlaku	0,190		vliv tlaku	0,403	
vliv ohybu, y	0,672		vliv ohybu, z	0,170	
Součet	0,827	vyhoví	Součet	0,803	vyhoví

4.4 Vrcholová vaznice

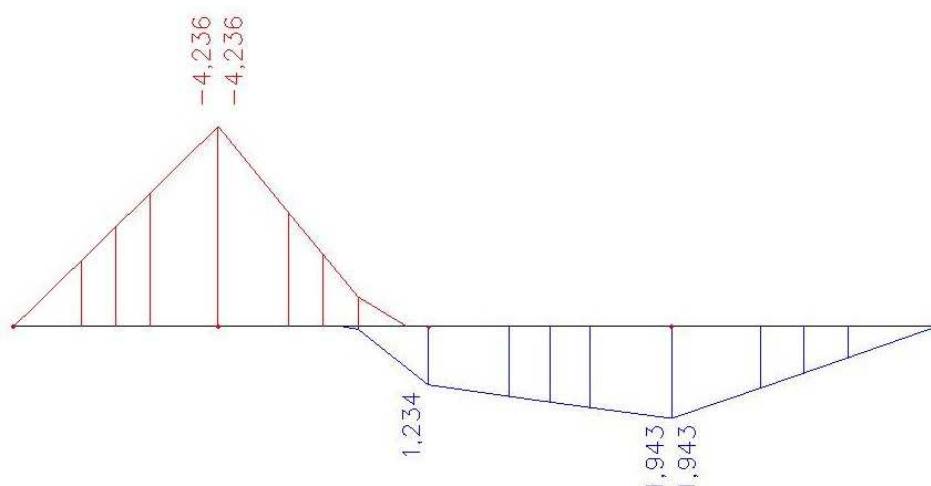
Vrcholová vaznice spojuje vrcholy běžných krokví ve vikýřích. Nejdelší má délku 3,925m a všechny mají rozměry průřezu 100x160 mm. Maximální kladný ohybový moment $M_y = 2,769$ kNm vzniká na prvku s nejkratším převislým koncem a maximální záporný moment $M_y = -4,236$ kNm se nachází právě u prvku s nejdelším převislým koncem. Průřez je využitý na 63,5% při působení maximálního záporného podporového momentu. **Normálová síla na vrcholovou vaznici nepůsobí.**



Obr. 26 Vrcholová vaznice – Max. kladný ohybový moment

Tab. 16 Vrcholová vaznice – maximální ohybový moment

Posudek na max. kladný moment v poli úžlabní krokve		
vliv ohybu, y	0,391	
vliv ohybu, z	0,022	
Součet	0,406	vyhoví



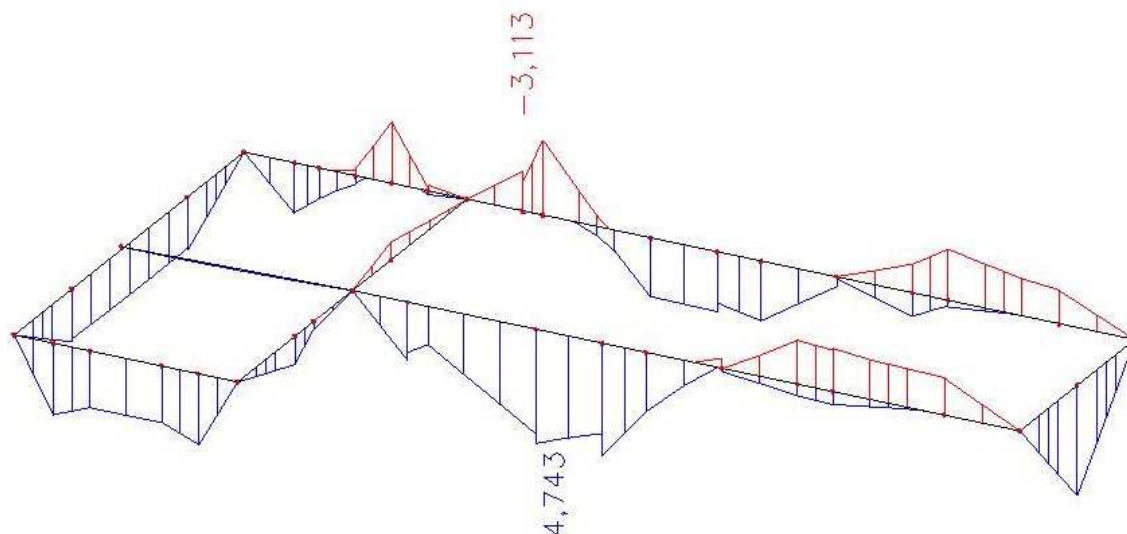
Obr. 27 Vrcholová vaznice – Max. záporný nadpodporový moment

Tab. 17 Vrcholová vaznice – maximální nadpodporový ohybový moment

Posudek na maximální záporný nadpodporový moment		
vliv ohybu, y	0,598	
vliv ohybu, z	0,038	
Součet	0,624	vyhoví

4.5 Středová vaznice

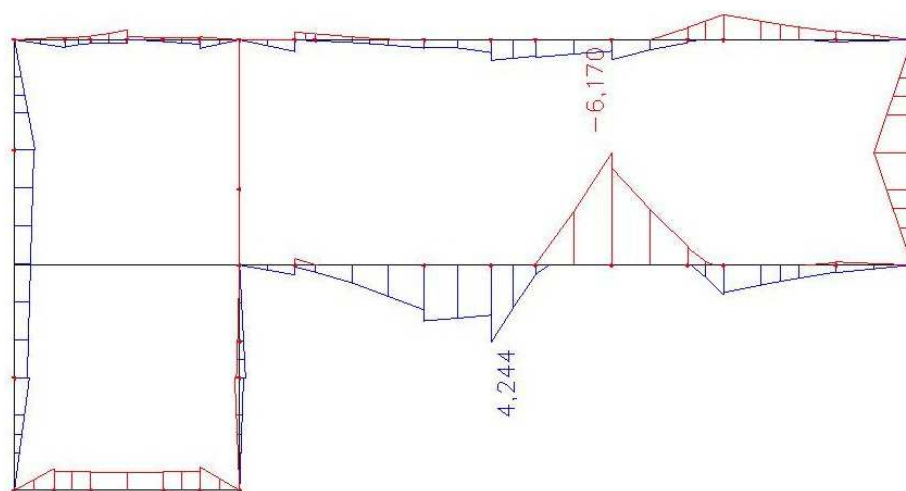
Středová vaznice podepírá běžné, nárožní a úžlabní krokve, tím zkracuje vzdálenosti jejich podpor a tvoří zároveň podélné a příčné ztužidlo. Je to uzavřený vodorovný systém přenášející svislé podporové reakce od krokví a podélné a příčné tlaky a tahy od větru. V místech nulového momentu M_y je uložení vaznic na sloupky provedeno přeplátováním. Reakce od působení běžných krokví na vaznici vyvozují nezanedbatelné ohybové momenty v směru lokální osy z (ve vodorovném směru), proto se posoudili průřezy na kombinaci ohybových momentů a osového tlaku v obou směrech s maximálním momentem $M_y = 4,743$ kNm, jemu příslušný moment $M_z = 3,703$ kNm a normálová síla $N = -15,436$ kN.


 Obr. 28 Středová vaznice – Max. ohybový moment M_y

 Tab. 18 Středová vaznice – maximální ohybový moment M_y

Posudek na maximální moment M_y v poli středové vaznice					
vliv tlaku	0,067		vliv tlaku	0,098	
vliv ohybu, y	0,378		vliv ohybu, z	0,379	
Součet	0,647	vyhoví	Součet	0,653	vyhoví

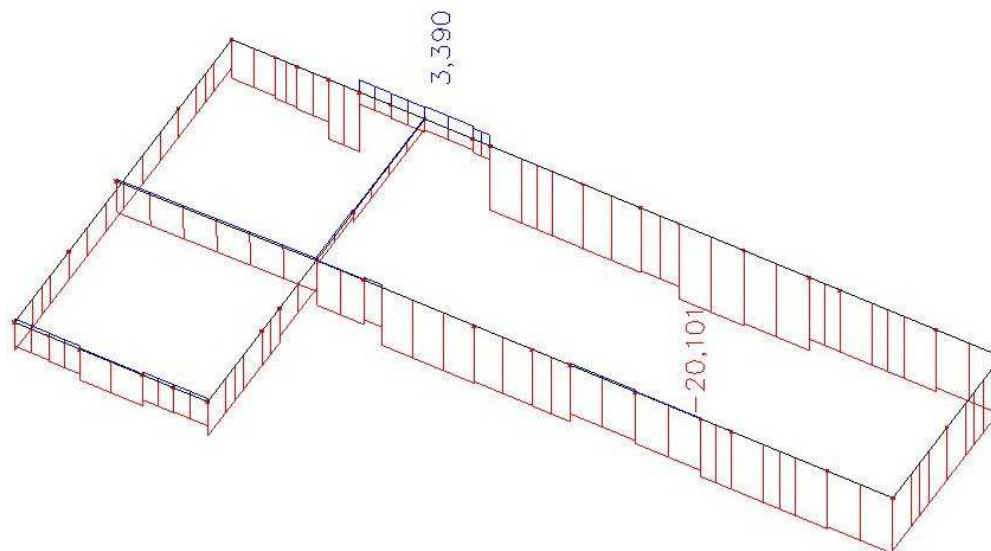
Potom maximální ohybový moment $M_z = -6,17$ kNm, jemu příslušný ohybový moment $M_y = -0,413$ kNm a osová síla $N = -13,796$ kN.


 Obr. 29 Středová vaznice – Max. ohybový moment M_z

 Tab. 19 Středová vaznice – maximální ohybový moment M_z

Posudek na maximální moment M_z v poli středové vaznice					
vliv tlaku	0,060		vliv tlaku	0,088	
vliv ohybu, y	0,033		vliv ohybu, z	0,632	
Součet	0,479	vyhoví	Součet	0,662	vyhoví

Nakonec posudek průřezu s maximální tlakovou osovou silou $N = -20,101$ kN, jí příslušný ohybový moment $M_y = 2,486$ kNm a $M_z = 0,960$ kNm.



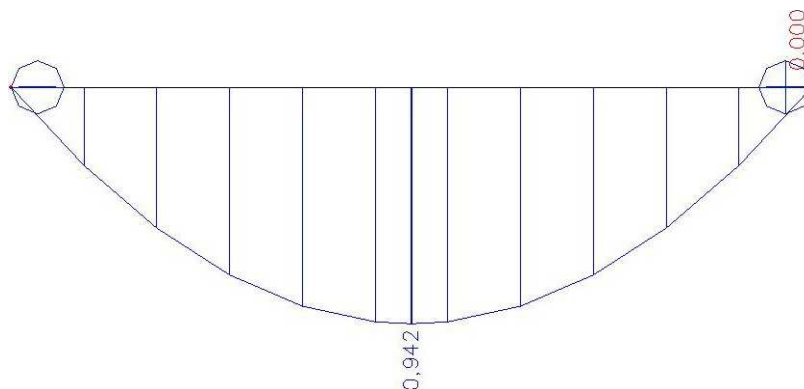
Obr. 30 Středová vaznice – Max. tlaková normálová síla N

Tab. 20 Středová vaznice – maximální tlaková síla N

Posudek na maximální tlakovou normálovou sílu					
vliv tlaku	0,087		vliv tlaku	0,128	
vliv ohybu, y	0,198		vliv ohybu, z	0,098	
Součet	0,274	vyhoví	Součet	0,253	vyhoví

4.6 Kleštiny

Kleštiny vyztužují běžné krokve ve své rovině, zmenšují jejich vzpěrné délky a podílejí se na příčném ztužení krovu. Délka kleštín ve vikýřích je 1,4m a ve valbové části střechy 3,4m. Jsou namáhané zanedbatelným tahem $N = 0,29$ kN a ohybovým momentem $M_z = 0,000$ kNm, protože jsou namáhané jenom zatížením ve svislé rovině. Všechny kleštiny mají navržený průřez o rozměrech 60x160 mm, ale vzhledem k extrémním vnitřním silám, kterými jsou namáhány, **je potřeba rozšířit průřez na 80x160mm**. Kvůli stálému zatížení v obytné části krovu od zateplení vzniká maximální ohybový moment $M_y = 0,942$ kNm na delších kleštínách.

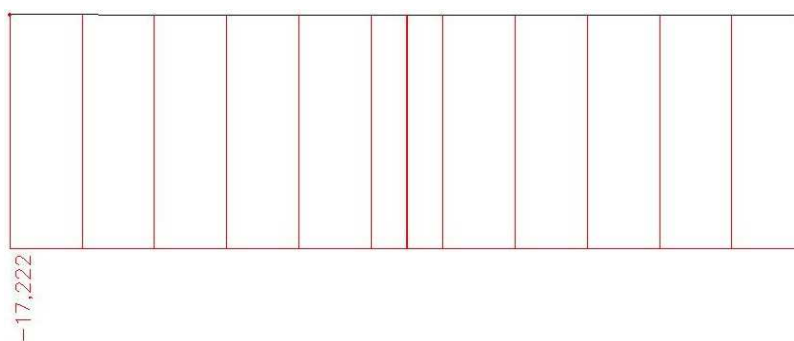


Obr. 31 Kleština – Max. ohybový moment

Tab. 21 Kleština – maximální kladný ohybový moment

Posudek na maximální moment M_y na kleštině					
vliv tlaku	0,116		vliv tlaku	0,401	
vliv ohybu, y	0,166		vliv ohybu, z	0,000	
Součet	0,179	vyhoví	Součet	0,277	vyhoví

Vzhledem na malou šířku průřezu je vliv tlaku ve směru osy z větší, a tedy využití průřezu je 28%. Kleština přenáší zejména osově tlaky, přičemž maximální hodnota $N = -17,222$ kN a jí příslušné nulové momenty M_y a M_z vznikají na kleštině v nezátížené zateplením.



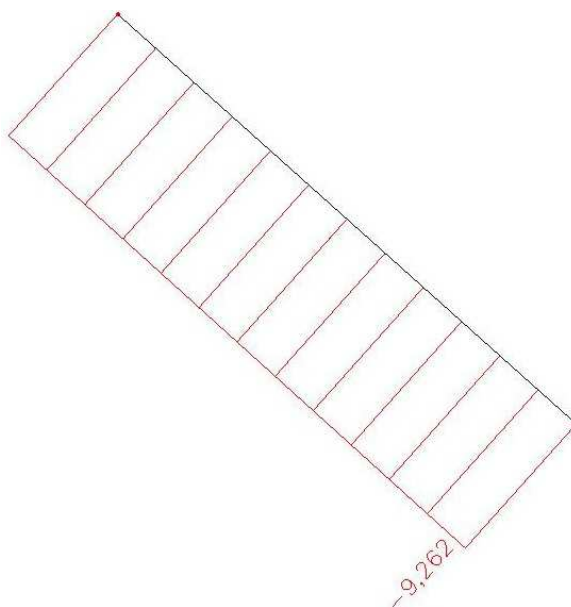
Obr. 32 Kleština – Max. tlaková osová síla

Tab. 22 Kleština – maximální tlaková osová síla

Posudek na maximální tlakovou sílu v kleštině					
vliv tlaku y	0,180	vyhoví	vliv tlaku z	0,624	vyhoví

4.7 Šikmá vzpěra

Šikmá vzpěra je součástí plné vazby, takže podepírá sloupky a sama je zapřená do vazného trámu. Zmenšuje vzpěrnou délku sloupků a zároveň tvoří hlavní část příčného ztužení krovu. Vyskytují se jen 4 v konstrukci a všechny mají průřez s rozměry 140x140mm a délku 3,7m. Přenášejí zejména osový tlak $N = -9,262$ kN, nepatrný ohybový moment $M_y = 0,112$ kNm a zanedbatelný tah $N = 0,622$ kN. Posudek na vzpěr s ohybovým momentem vyhoví a průřez je využit jen na 2,3%.



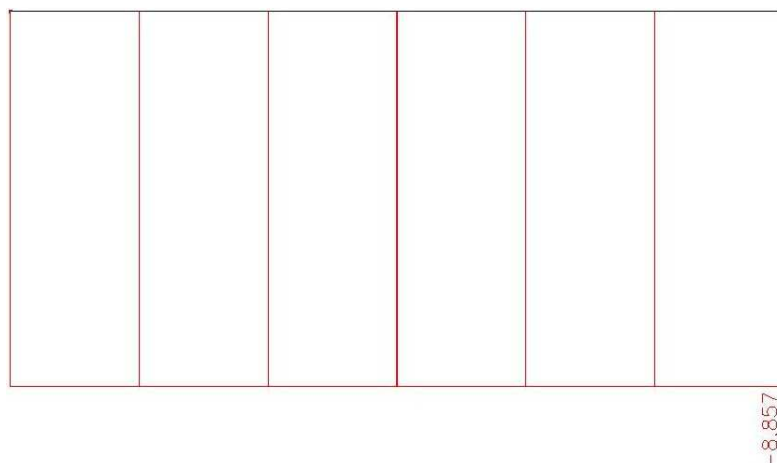
Obr. 33 Šikmá vzpěra – Max. osový tlak

Tab. 23 Šikmá vzpěra – maximální tlaková síla N

Posudek na maximální osovou normálovou sílu					
vliv tlaku	0,091		vliv tlaku	0,091	
vliv ohybu, y	0,015		vliv ohybu, z	0,000	
Součet	0,023	vyhoví	Součet	0,023	vyhoví

4.8 Rozpěra

Rozpěry se podílejí na příčném ztužení v plné vazbě tím, že jsou připojeny vodorovně ke sloupkům. V celém krovu jsou jenom dvě a její průřez má rozměry podobně jako šikmá vzpěra 140x140mm a délku 2m. Namáhané jsou hlavně osovým tlakem a zanedbatelně ohybovým momentem $M_y = 0,045$ kNm a tahem $N = 0,529$ kN. Posudek na vzpěr kombinovaný s ohybovým momentem za působení maximální záporné normálové síly $N = -8,857$ kN vyhoví s využitím průřezu na 0,7%.



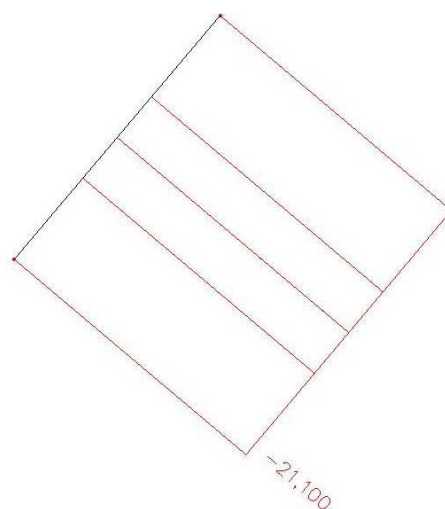
Obr. 34 Rozpěra – Max. osový tlak

Tab. 24 Rozpěra – maximální osová tlaková síla

Posudek na maximální osovou normálovou sílu					
vliv tlaku	0,039		vliv tlaku	0,039	
vliv ohybu, y	0,006		vliv ohybu, z	0,000	
Součet	0,007	vyhoví	Součet	0,007	vyhoví

4.9 Pásek

Pásky podepírají středovou vaznici a přenášejí reakci do sloupků ve výšce přibližně $\frac{3}{4}$ jejich výšky. Jejich průřez má rozměry 100x120mm a všechny mají délku 1,055m. Přenášejí pouze zápornou normálovou sílu, přičemž její maximální hodnota je $N = -21,100$ kN. Průřez vyhoví na vzpěr s využitím na 13%.



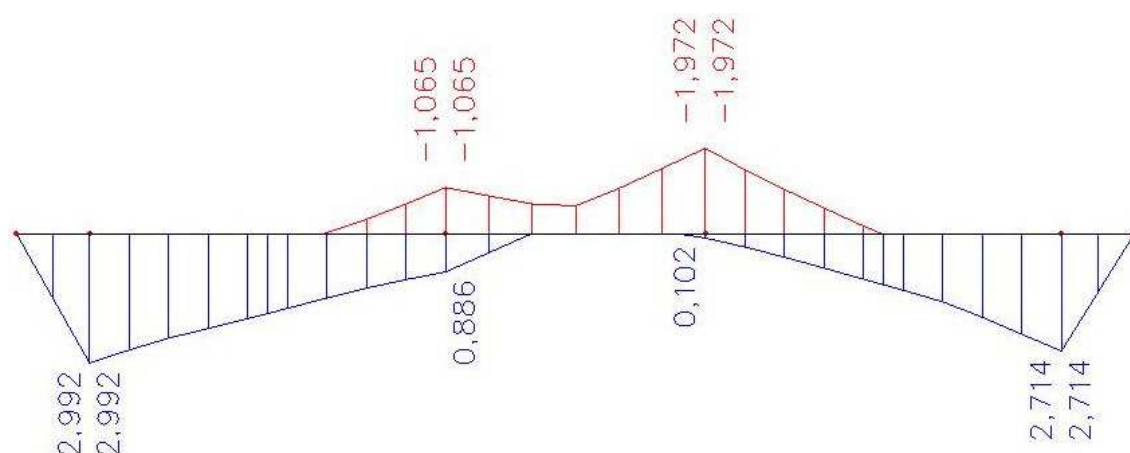
Obr. 35 Pásek – Max. osová tlaková síla

Tab. 25 Pásek – maximální tlaková osová síla

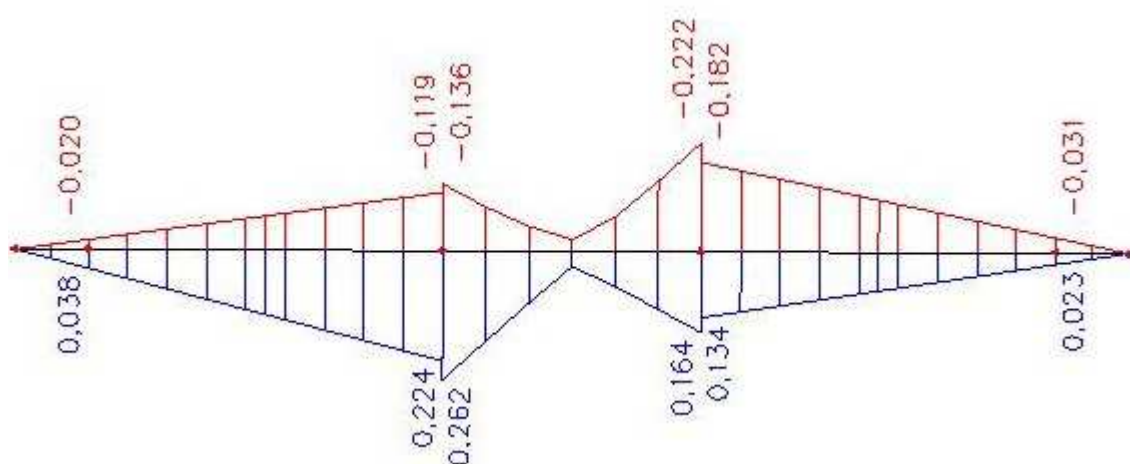
Posudek na maximální osovou normálovou sílu					
vliv tlaku y	0,133	vyhoví	vliv tlaku z	0,125	vyhoví

4.10 Vazný trám

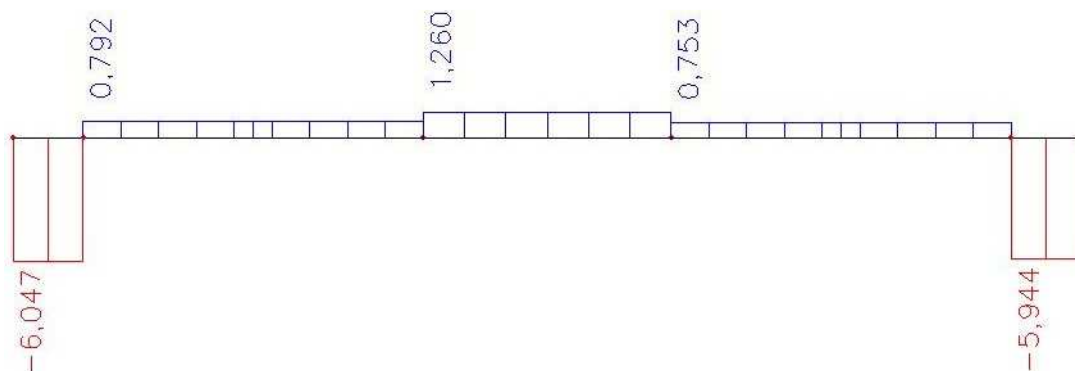
Vazný trám přenáší podporové reakce od sloupků a šikmých vzpěr v plné vazbě. V krovu se vyskytují jenom dva s délkou 8,65m a průřezem 100x160mm. V místě připojení šikmých vzpěr vzniká maximální ohybový moment $M_y = 2,992$ kNm a největší moment $M_z = 0,262$ kNm vzniká od reakcí sloupků. Posudek v průřezu připojení šikmé vzpěry, kde je maximální ohybový moment i osový tlak $N = -6,047$ kN, vyhoví na kombinaci ohybu a vzpěru.



Obr. 36 Vazný trám – Max. ohybový moment M_y



Obr. 37 Vazný trám – Max. ohybový moment M_z



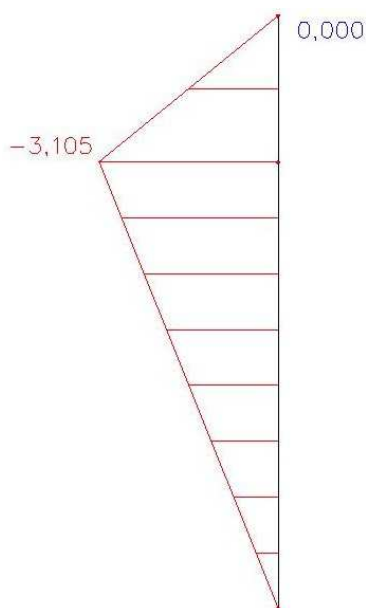
Obr. 38 Vazný trám – Max. normálová síla N

Tab. 26 Vazný trám – maximální tlaková osová síla

Posudek na maximální osovou normálovou sílu					
vliv tlaku	0,025		vliv tlaku	0,026	
vliv ohybu y	0,422		vliv ohybu z	0,059	
Součet	0,464	vyhoví	Součet	0,355	vyhoví

4.11 Sloup

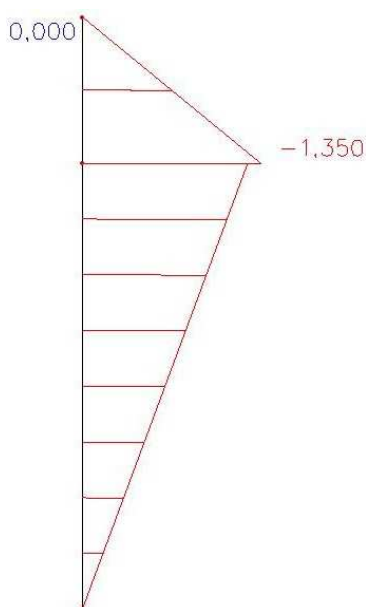
Sloupy podepírající středové vaznice mají délku 3,3m a vrcholové vaznice ve vikýřích podepírají sloupky dlouhé 2,3m. Jejich navržený průřez je 140x140mm pro všechny sloupky. Největší ohybový moment $M_y = -3,105$ kNm vzniká v místě připojení pásu na sloupek a s jemu příslušnými vnitřními silami $M_z = -0,194$ kNm a $N = -23,820$ kN, v daném průřezu vyhoví na kombinaci ohybového momentu a vzpěru s využitím průřezu na 62%.


 Obr. 39 Sloup – Max. ohybový moment M_y

Tab. 27 Sloup – maximální ohybový moment M_y

Posudek na maximální moment M_y					
vliv tlaku	0,192		vliv tlaku	0,192	
vliv ohybu, y	0,409		vliv ohybu, z	0,026	
Součet	0,626	vyhoví	Součet	0,626	vyhoví

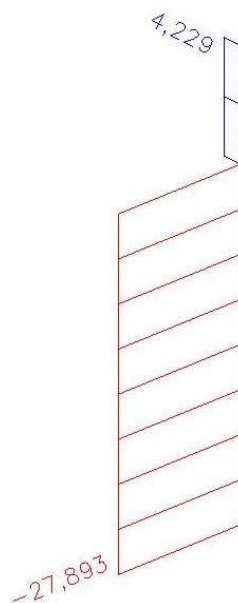
Největší ohybový moment v rovině osy z , $M_z = -1,350$ kNm, jemu příslušný ohybový moment $M_y = -0,170$ kNm a tlaková normálová síla $N = -11,637$ kN, vzniká taky v místě připojení pásku na sloup. Průřez vyhoví na kombinaci ohybu a osového tlaku s využitím na 26%.


 Obr. 40 Sloup – Max. ohybový moment M_z

 Tab. 28 Sloup – maximální ohybový moment M_z

Posudek na maximální moment M_z					
vliv tlaku	0,094		vliv tlaku	0,094	
vliv ohybu, y	0,022		vliv ohybu, z	0,178	
Součet	0,294	vyhoví	Součet	0,294	vyhoví

Sloup v konstrukci krovu přenáší zejména osové tlaky a kvůli vlivu ohybovým momentům v obou směrech y a z, se posoudí na kombinaci tlaku a ohybu. Maximální záporná normálová síla $N = -27,893 \text{ kN}$ a jí příslušné ohybové momenty $M_y = -0,49 \text{ kNm}$ a $M_z = 0,49 \text{ kNm}$, vyhoví s využitím průřezu na 26%.



Obr. 41 Sloup – Max. tlaková osová síla

Tab. 29 Sloup – maximální tlaková osová síla

Posudek na maximální zápornou normálovou sílu					
vliv tlaku	0,147		vliv tlaku	0,147	
vliv ohybu, y	0,064		vliv ohybu, z	0,064	
Součet	0,276	vyhoví	Součet	0,276	vyhoví

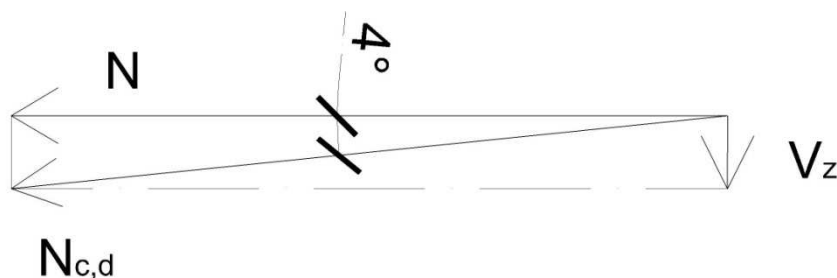
5 Posouzení vybraných spojů

Pro posouzení se vybrali dva rozdílné spoje související s běžnou krokví:

- Svorníkový spoj kleštiny s běžnou krokví
- Vrutový spoj nárožní krokve s běžnou krokví

5.1 Spoj kleštiny a běžné krokve

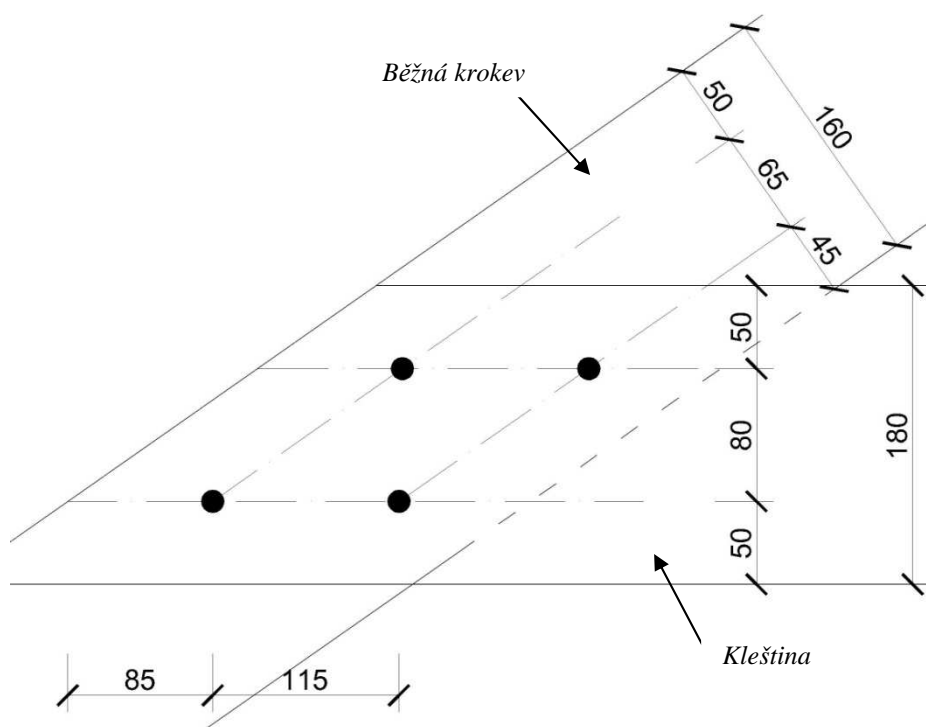
Kleština je jednostranně připojena k běžné krokvi svorníky. Vnitřní síly pro tento posudek se vzali z kleštiny v obytné části krovu, zatížené skladbou zateplení. V řezu připojení se brali v úvahu vnitřní síly, kterými kleština působí na krokve s hodnotami $N = -17,222 \text{ kN}$ a $V_z = 1,108 \text{ kN}$. Vnitřní síly v lokální souřadné soustavě kleštiny, působí na běžnou krokve výslednicí $N_{c,d} = -17,285 \text{ kN}$ ve vybraném spoji (viz obr. 42).



Obr. 42 Vnitřní síly působící na krokve od kleštiny

Tato síla se snaží ustříhnout svorníky, přičemž se otláčuje dřevěný materiál prutů. Při charakteristické mezi pevnosti svorníku v tahu $f_{u,k} = 600 \text{ MPa}$ a hustotě dřeva $\rho_k = 360 \text{ kg/m}^3$, vyplývá z normy ČSN EN 1995-1 [11] návrh čtyř svorníků o průměru $d = 14 \text{ mm}$.

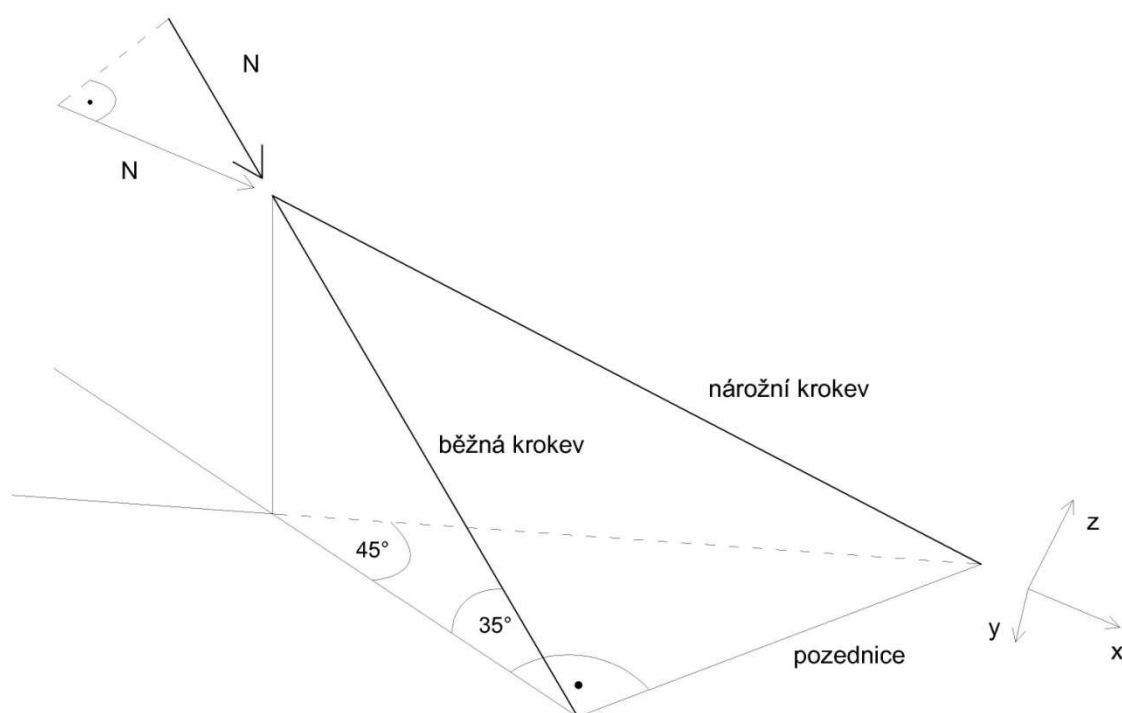
Průřez kleštiny se musí zvětšit na 80x180mm, aby minimální hodnoty roztečí a vzdáleností od okrajů a konců prutů vyhověli dle výše uvedené normy [11].



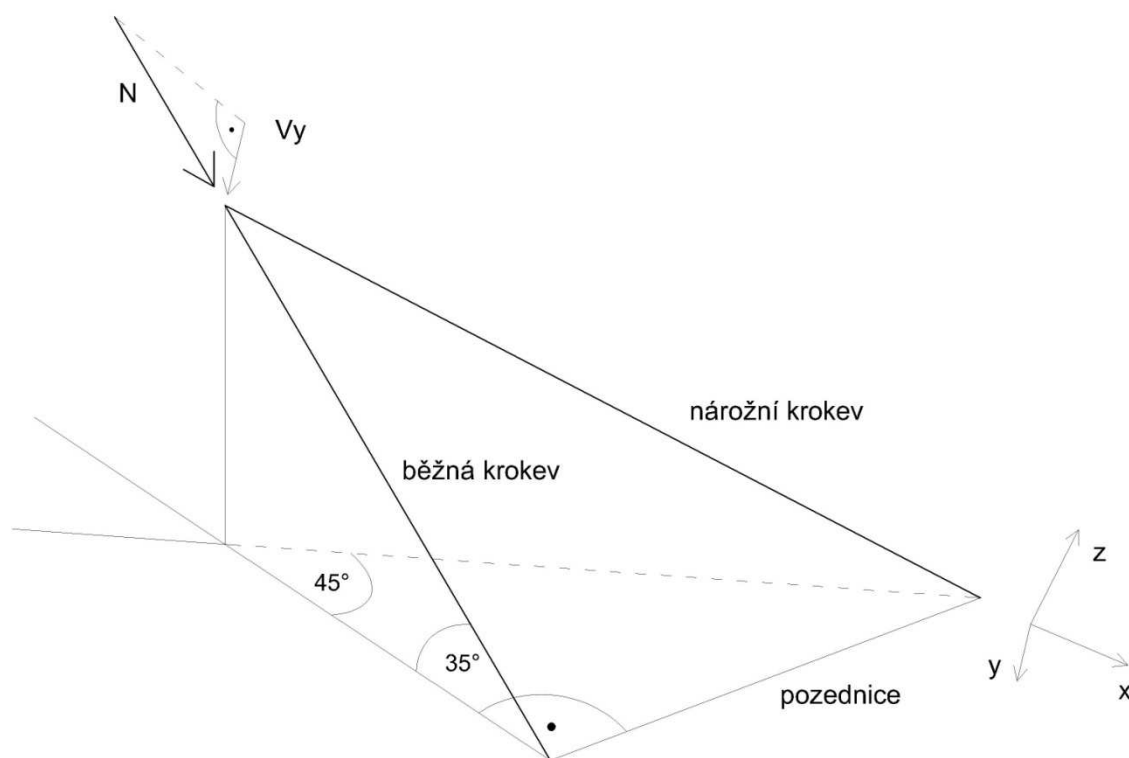
Obr. 43 Detail spoje - Krokve x Kleština (zatížená zateplením)

5.2 Spoj Nárožní a běžné krokve

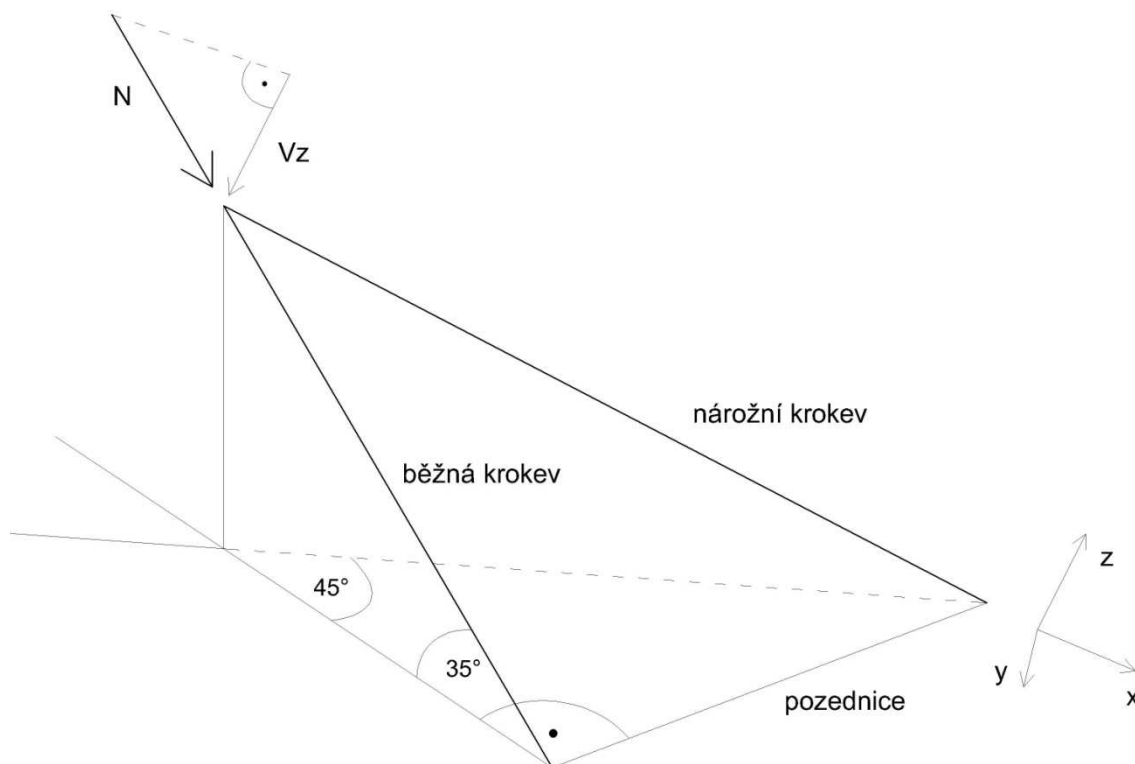
Připojení běžné krokve k nárožní je prostorově náročnější dřevěný spoj, protože lokální osy těchto prutů neleží v stejné rovině. Vnitřní síly, kterými působí běžná krokve na nárožní v místě spoje, se převedli z lokálního souřadného systému běžné krokve do lokálního souřadného systému nárožní krokve. Na obrázcích 44 – 45 je schematicky znázorněn postup přepočtu těchto vnitřních sil. Jako příklad je zde uvedena normálová síla běžné krokve. Podobný postup se provedl taky pro posouvací síly V_y a V_z .



Obr. 44 Přepočet normálové síly N běžné krokve do roviny nárožní krokve



Obr. 45 Přepočet normálové síly N běžné krokve do posouvací síly V_y nárožní krokve

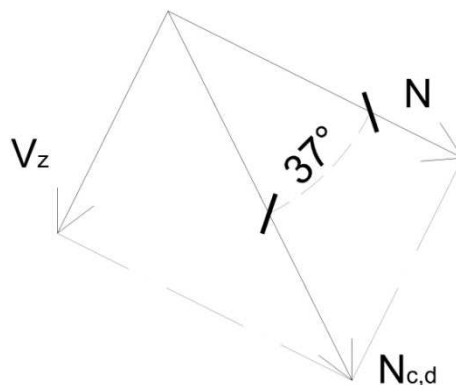


Obr. 46 Přepočet normálové síly N běžné krokve do posouvací síly V_z nárožní krokve

Tab. 30 Přepočet vnitřních sil – běžná x nárožní krokve

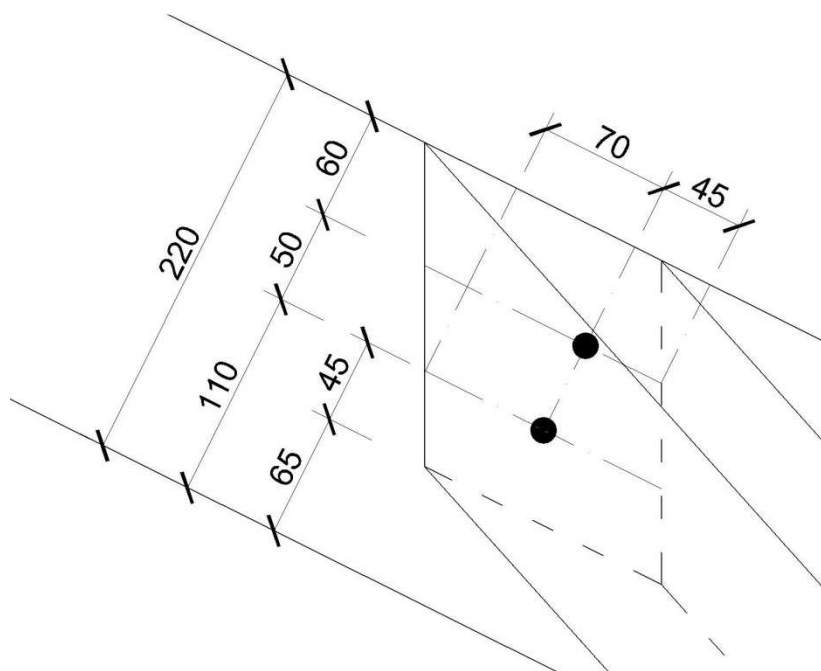
Lokálně vnitřní síly			
Běžná krokve	Nárožní krokve		
$N = -8,179 \text{ kN}$	$N_N = -6,327 \text{ kN}$	$V_{yN} = -4,707 \text{ kN}$	$V_{zN} = -3,836 \text{ kN}$
$V_y = 0 \text{ kN}$	$N_{Vy} = 0,000 \text{ kN}$	$V_{yVy} = 0,000 \text{ kN}$	$V_{zVy} = 0,000 \text{ kN}$
$V_z = -2,454 \text{ kN}$	$N_{Vz} = -1,151 \text{ kN}$	$V_{yVz} = -1,412 \text{ kN}$	$V_{zVz} = -1,898 \text{ kN}$
$N = -7,478 \text{ kN}$		$V_y = -6,119 \text{ kN}$	$V_z = -5,734 \text{ kN}$
výslednice ze sil N a $V_z = 9,423 \text{ kN}$			
úhel výslednice k lokální svyslici = 53°			

Výslednice $N_{c,d} = 9,423 \text{ kN}$, která leží v lokální rovině nárožní krokve xz , se snaží ustříhnout spojovací prvky, v tomto případě vruty, přičemž se taky otláčuje dřevěný materiál prutů.



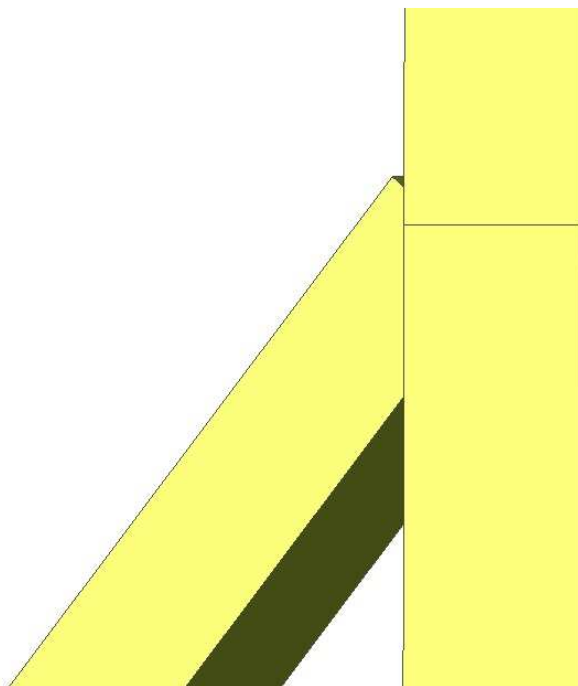
Obr. 47 Vnitřní síly běžné krokve působící na nárožní krokve

Při charakteristické mezi pevnosti vrutu v tahu $f_{u,k} = 600 \text{ Mpa}$ a hustotě dřeva $\rho_k = 360 \text{ kg/m}^3$, vyplývá z normy ČSN EN 1995-1 [11] návrh dvou vrutů o průměru $d = 14 \text{ mm}$. Pevnost dřeva v otláčení byla uvažována pro úhel 90° , tedy na stranu bezpečnou. Minimální hodnoty roztečí a vzdáleností od okrajů a konců prutů se určili z výše uvedené normy [11].

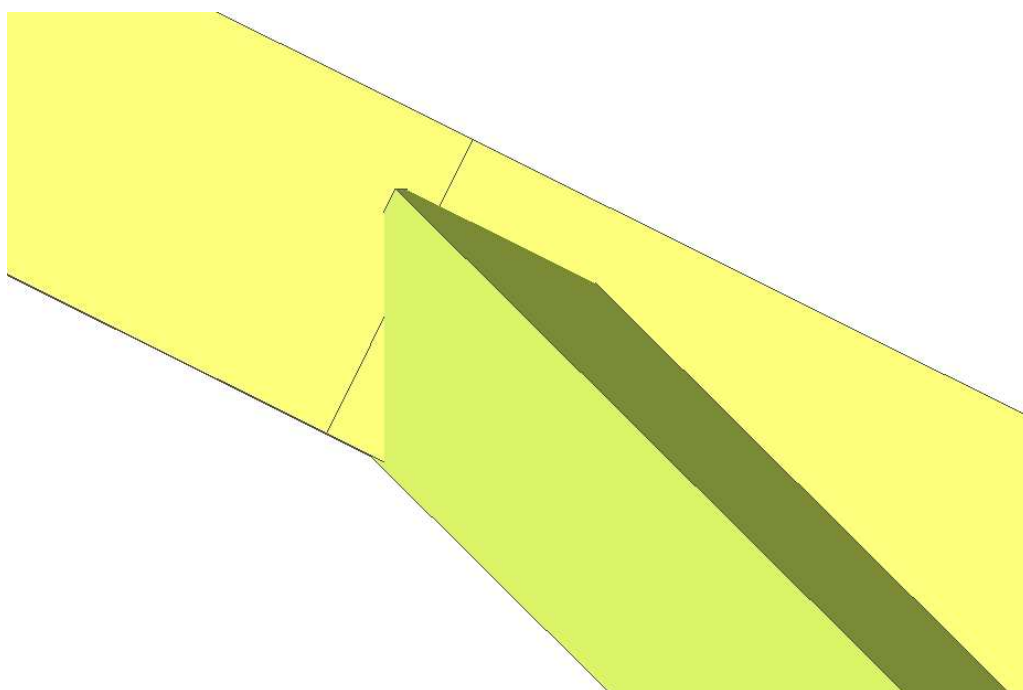


Obr. 48 Detail spoje Nárožní a běžné krokve

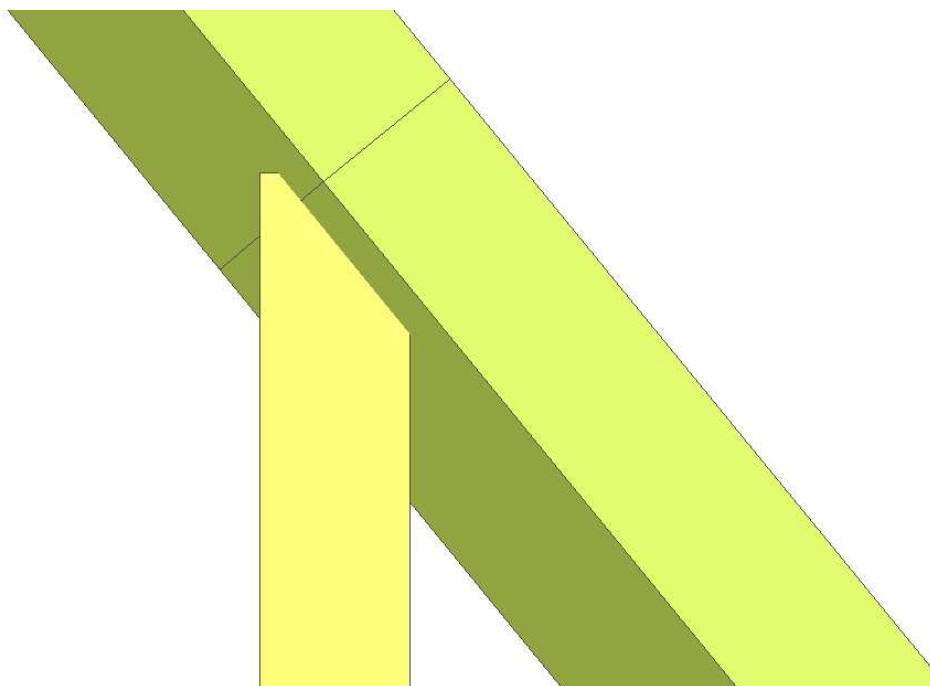
Obrázky 49 - 52 jsou výstupem z programu Scia Engineer 2012, pro lepší trojrozměrný pohled na rozebíraný spoj.



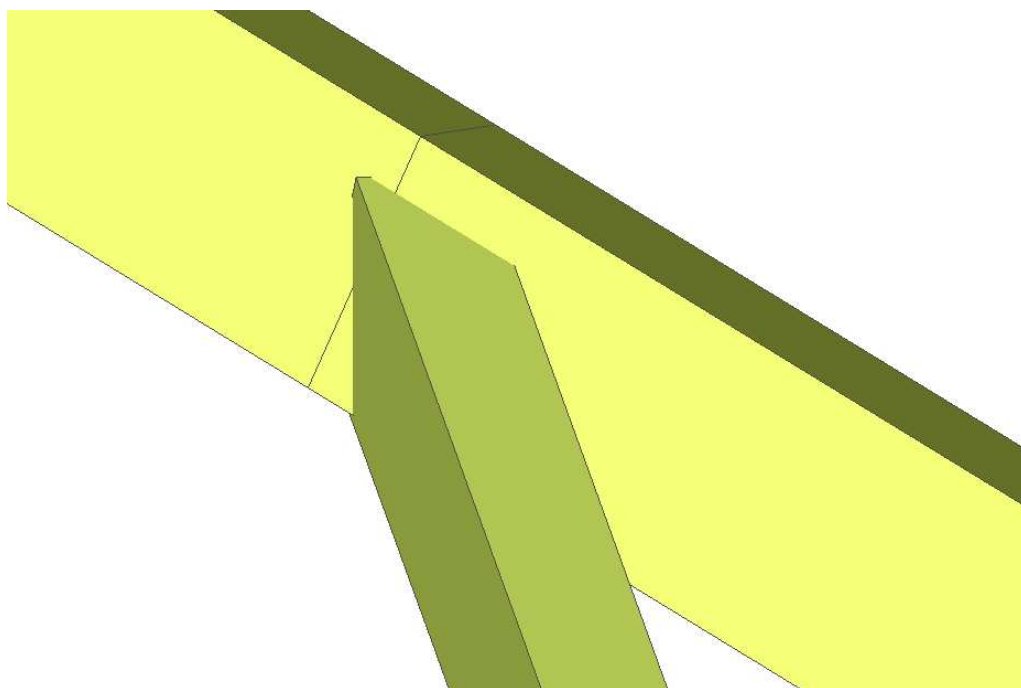
Obr. 49 Spoj nárožní a běžné krokve – pohled kolmo k lokální rovině xy



Obr. 50 Spoj nárožní a běžné krokve – pohled kolmo k lokální rovině xz



Obr. 51 Spoj nárožní a běžné krokve – pohled kolmo k lokální rovině xy



Obr. 52 Připojení Běžné krokve k nárožní krokvi – všeobecný pohled

6 Závěr

V této práci se zabývalo statickým řešením krovu dřevěného rodinného domu, navrhnutého společností Wood Systém ve Žďáru nad Sázavou. Ve výpočtovém programu Scia Engineer 2012 se zhotovil 3D model daného krovu kvůli složitosti konstrukce střešního pláště. Základní parametry rodinného domu byly popsány v popisu konstrukce. Dále v části modelu krovu byly popsány nosné systémy nacházející se v konstrukci krovu.

Výpočet stálého zatížení, zatížení sněhem a větrem byl proveden dle normy ČSN EN 1991-1-1 část 1-4 [5]. Vlastní tíha konstrukce krovu, zatěžovací stavy a kombinace zatížení byly generovány výše uvedeným výpočtovým programem.

V hlavní části této práce byly analyzovány nosné prvky krovu a posoudil se mezní stav únosnosti dle normy ČSN 73 1702 [7]. V každém druhu nosného prvku byly posouzeny dimenze a vnitřní síly vzhledem k funkci, kterou daný prut plní v konstrukci krovu. Všechny prvky vyhověly na posouzení mezního stavu únosnosti, kromě kleštiny, u které bylo zapotřebí rozšířit průřez z 60mm na 80mm kvůli kombinaci ohybu a vzpěrného tlaku.

Nakonec se vybraly dva spoje a posoudili se dle normy ČS EN 1995-1 [6]. Spoj kleštiny s běžnou krokví vyhověl na pevnost spojovacích prvků i otláčení dřeva, ale kvůli nedostatku prostoru pro uložení čtyř svorníků o průměru $d = 14\text{mm}$, by se měla zvětšit výška průřezu kleštiny ze 160mm na 180mm. **Konečný rozměr kleštiny je 80x180mm.** Spoj nárožní a běžné krokve vyhověl na posouzení mezního stavu únosnosti se dvěma vruty o průměru $d = 14\text{mm}$.

Použitá literatura

- [1] Návrh dispozičního řešení dřevostavby, Wood System.
- [2] EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí.
- [3] EN 1991-1-1-1 Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.
- [4] EN 1991-1-1-3 Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem.
- [5] EN 1991-1-1-4 Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem.
- [6] EN 1995-1-1: Navrhování dřevěných konstrukcí, Část 1-1: Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- [7] ČSN 73 1702: Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí – Obecná pravidla pro pozemní stavby.
- [8] BOHUMIL KOŽELOUH (překlad a redakce) Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5, Step 1: Navrhování a konstrukční materiály, KODR, Zlín, 2004.
- [9] BOHUMIL KOŽELOUH (překlad a redakce) Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5, Step 2: Navrhování detailů a nosných systémů, KODR, Zlín, 2004.
- [10] BOHUMIL KOŽELOUH (překlad a redakce) Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí, Komentář k ČSN 73 1702, ČKAIT, Praha, 2008.
- [11] PETR A ANNA KUKLÍKOVÁ, Navrhování dřevěných konstrukcí: příručka k ČSN EN 1995-1. 1., ČKAIT, Praha, 2010. ISBN 978-80-87093-88-7

Seznam obrázků

Obr. 1 Model stropu	13
Obr. 2 Plná vazba	14
Obr. 3 Běžná krokev s kleštinou	14
Obr. 4 Zamezení kroutícího momentu na běžné krokvi.....	15
Obr. 5 Systém středových vaznic se sloupky a pásy.....	16
Obr. 6 Celkový model krovu.....	16
Obr. 7 Půdorys stálého zatížení.....	18
Obr. 8 Stálé zatížení na běžnou krokev.....	19
Obr. 9 Zatížení sněhem - směr 1	20
Obr. 10 Zatížení sněhem - směr 2	21
Obr. 11 Příklad zatížení sněhem	21
Obr. 12 Příklad zatížení větrem	23
Obr. 13 Zatížení větrem - směr 1	23
Obr. 14 Zatížení větrem - směr 2	24
Obr. 15 Zatížení větrem - směr 3	24
Obr. 16 Zatížení větrem - směr 4	25
Obr. 17 Všeobecní vnitřní síly na běžné krokvi.....	29
Obr. 18 Běžná krokev - Max. kladný ohybový moment v poli.....	30
Obr. 19 Běžná krokev - Max. tlaková normálová síla	30
Obr. 20 Běžná krokev - Maximální záporný nadpodporový ohybový moment	31
Obr. 21 Nárožní krokev - Max. kladný i záporný ohybový moment.....	32
Obr. 22 Nárožní krokev – Maximální tlaková osová síla	33
Obr. 23 Úžlabní krokev 120x220mm - Max. kladný ohybový moment.....	34
Obr. 24 Úžlabní krokev 120x180mm - Max. kladný i záporný ohybový moment.....	34
Obr. 25 Úžlabní krokev - Max. tlaková normálová síla.....	35
Obr. 26 Vrcholová vaznice – Max. kladný ohybový moment	36
Obr. 27 Vrcholová vaznice – Max. záporný nadpodporový moment	37
Obr. 28 Středová vaznice – Max. ohybový moment M_y	38
Obr. 29 Středová vaznice – Max. ohybový moment M_z	38
Obr. 30 Středová vaznice – Max. tlaková normálová síla	39
Obr. 31 Kleština – Max. ohybový moment.....	40

Obr. 32 Kleština – Max. tlaková osová síla	40
Obr. 33 Šikmá vzpěra – Max. osový tlak	41
Obr. 34 Rozpěra – Max. osový tlak	42
Obr. 35 Pásek – Max. osová tlaková síla	42
Obr. 36 Vazný trám – Max. ohybový moment M_y	43
Obr. 37 Vazný trám – Max. ohybový moment M_z	43
Obr. 38 Vazný trám – Max. normálová síla N	44
Obr. 39 Sloup – Max. ohybový moment M_y	44
Obr. 40 Sloup – Max. ohybový moment M_z	45
Obr. 41 Sloup – Max. tlaková osová síla	46
Obr. 42 Vnitřní síly působící na krokev od kleštiny	47
Obr. 43 Detail spoje - Krokev x Kleština (zatížená zateplením)	48
Obr. 44 Přepočít normálové síly N běžné krokve do roviny nárožní krokve	49
Obr. 45 Přepočít normálové síly N běžné krokve do posouvací síly V_y nárožní krokve	49
Obr. 46 Přepočít normálové síly N běžné krokve do posouvací síly V_z nárožní krokve	50
Obr. 47 Vnitřní síly běžné krokve působící na nárožní krokev	51
Obr. 48 Detail spoje Nárožní a běžné krokve	51
Obr. 49 Spoj nárožní a běžné krokve – pohled kolmo k lokální rovině xy	52
Obr. 50 Spoj nárožní a běžné krokve – pohled kolmo k lokální rovině xz	52
Obr. 51 Spoj nárožní a běžné krokve – pohled kolmo k lokální rovině xy	53
Obr. 52 Připojení Běžné krokve k nárožní krokvi – všeobecný pohled	53

Seznam tabulek

Tab. 1 a) Plná skladba	17
Tab. 2 b) Skladba bez zateplení	18
Tab. 3 Zateplení	19
Tab. 4 Vstupné hodnoty pro výpočet zatížení sněhem	20
Tab. 5 Vstupné hodnoty pro výpočet zatížení větrem.....	22
Tab. 6 Běžná krokev – maximální ohybový moment M_y	30
Tab. 7 Běžná krokev – maximální osová tlaková síla.....	31
Tab. 8 Běžná krokev – maximální nadpodporový ohybový moment	31
Tab. 9 Nárožní krokev – maximální ohybový moment v poli	32
Tab. 10 Nárožní krokev – maximální nadpodporový ohybový moment	32
Tab. 11 Nárožní krokev – maximální tlaková osová síla.....	33
Tab. 12 Úžlabní krokev – maximální ohybový moment v poli	34
Tab. 13 Úžlabní krokev – maximální ohybový moment v poli	35
Tab. 14 Úžlabní krokev – maximální nadpodporový ohybový moment	35
Tab. 15 Úžlabní krokev – maximální tlaková osová síla	35
Tab. 16 Vrcholová vaznice – maximální ohybový moment	36
Tab. 17 Vrcholová vaznice – maximální nadpodporový ohybový moment	37
Tab. 18 Středová vaznice – maximální ohybový moment M_y	38
Tab. 19 Středová vaznice – maximální ohybový moment M_z	38
Tab. 20 Středová vaznice – maximální tlaková síla N	39
Tab. 21 Kleština – maximální kladný ohybový moment	40
Tab. 22 Kleština – maximální tlaková osová síla	40
Tab. 23 Šikmá vzpěra – maximální tlaková síla N	41
Tab. 24 Rozpěra – maximální osová tlaková síla	42
Tab. 25 Pásek – maximální tlaková osová síla	42
Tab. 26 Vazný trám – maximální tlaková osová síla	44
Tab. 27 Sloup – maximální ohybový moment M_y	45
Tab. 28 Sloup – maximální ohybový moment M_z	45
Tab. 29 Sloup – maximální tlaková osová síla	46
Tab. 30 Přepočet vnitřních sil – běžná x nárožní krokev	50

Základní použité zkratky a symboly

G	[kN/m ²]	zatížení stálá
Q	[kN/m ²]	zatížení proměnná
Ψ	[-]	kombinační součinitel zatížení
γ	[-]	součinitel zatížení
σ_c	[MPa]	návrhové napětí v tlaku
σ_m	[MPa]	návrhové napětí v ohybu
f_c	[MPa]	návrhová pevnost v tlaku
f_m	[MPa]	návrhová pevnost v ohybu
k_m	[-]	součinitel tvaru průřezu

Seznam příloh

Příloha A	Výkresy krovu a řezu daného rodinného domu
Příloha B	Výpočet zatížení sněhem a větrem
Příloha C	Posouzení dřevěných prvků
Příloha D	Posouzení spojů

Výkresy krovu a řezu daného rodinného domu

[illegible]

Příloha B

Výpočet stálého zatížení, zatížení sněhem a větrem dle EN

1991-1-1 Zatížení konstrukcí – Část 1- 2

Pro výpočet zkladní tíhy sněhem a tlaku větru byl použit program od Ing. Rostislava Zídka, Ph.D.

Sklon střechy		35 °
Sněhová oblast		IV
Základní tíha sněhu (char. Hodnota s_k)		2,25 kN/m ²
Typ krajiny		chráněná
Součinitel expozice C_e		1,20
Tepelný součinitel C_t		1,00
Tvarový součinitel pro sněh		
Součinitel ψ_0 pro sněh		0,50
Tvarový součinitel μ_1		0,6667
Větrová oblast		II
Kategorie terénu	vesnice	III
Normová základní rychlost větru	$v_{b,0}$	25 m/s
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	1,25 kg/m ³
Součinitel směru	C_{dir}	1,00
Součinitel orografie	C_o	1,00
Součinitel ročního období	C_{season}	1,00
Referenční výška	z	6,875 m
Součinitel turbulence	k_I	1,00
Parametr drsnosti terénu	z_0	0,30 m
Parametr drsnosti terénu	z_{min}	5,00 m
Parametr drsnosti terénu	$z_{0,II}$	0,05 m
Rychlost větru	v_b	$v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0}$ 25,00 m/s
Základní dynamický tlak větru	q_b	$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$ 391 N/m ²
Součinitel terénu	k_r	$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07}$ 0,215
Směrod. odchylka rychlosti větru	σ_v	$\sigma_v = k_r \cdot v_b \cdot k_I$ 5,385 m/s
Součinitel drsnosti terénu	c_r	$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$ 0,675
Střední rychlost větru	v_m	$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b$ 16,86 m/s
Intenzita turbulence	$I_v(z)$	$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)}$ 0,319
Maximální dyn. tlak větru	$q_p(z)$	$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$ 575 N/m ²
Součinitel vnějšího tlaku	C_{pe}	
Součinitel konstrukce pro stavbu nižší než 15 m	$C_s C_d$	1,00
Součinitel síly (součinitel tvaru)		
kap. 7 normy	C_f	
Výška budovy	h	6,875 m
Šířka budovy	d	12,05 m
Poměr výšky a šířky budovy	h/d	0,57
Oblast e	e	12,05 m
Oblast e/4	$e/4$	3,01 m
Oblast e/10	$e/10$	1,21 m
Oblast e/2	$e/2$	6,03 m

Následné výpočty byly provedeny autorem.

Stálé zatížení:

Plná skladba

Název konstrukční vrstvy	Objemová tíha	Zatížení
Betonová střešní taška Bramac alpská (KM Beta)	43 kg/m ²	0,43 kN/m
Dřevěné latě a kontralatě - 35x35mm	470 kg/m ³	0,00575 kN/m
Pojízdná difúzní fólie Jutadach (Tyvek)	-	0 kN/m
Tepelná izolace Rockwool (Orsil) - 160mm	6,4 kg/m ²	0,01024 kN/m
Dřevěné latě - 60mm	470 kg/m ³	0,017 kN/m
Tepelná izolace mezi latě Rockwool (Orsil) - 60mm	6,4 kg/m ²	0,00384 kN/m
Ocelový pozinkovaný rošt 50mm	33,3kg/m ²	0,333 kN/m
Parotěsná zábrana Jutafol Al (Sunflex)	-	0 kN/m
Sádrokartón GKF - 15mm	800 kg/m ³	0,12 kN/m
Součet		0,920 kN/m

Skladba - zateplenie

Název konstrukční vrstvy	Objemová tíha	Zatížení
Dřevěná prkna - 35x35mm	470 kg/m ³	0,00575 kN/m
Tepelná izolace mezi kleštiny Rockwool (Orsil) - 160mm	6,4 kg/m ²	0,01024 kN/m
Dřevěné latě a kontralatě - 60mm	470 kg/m ³	0,017 kN/m
Tepelná izolace mezi latě Rockwool (Orsil) - 60mm	6,4 kg/m ²	0,00384 kN/m
Ocelový pozink. rošt 50mm	33,3kg/m ²	0,333 kN/m
Parotěsná zábrana Jutafol Al (Sunflex)	-	0 kN/m
Sádrokarton GKF - 15mm	800 kg/m ³	0,12 kN/m
Součet		0,490 kN/m

Skladba bez zateplení

Název konstrukční vrstvy	Objemová tíha	Zatížení
Betonová střešní taška Bramac alpská (KM Beta)	43 kg/m ²	0,43 kN/m
Dřevěné latě a kontralatě - 35x35mm	470 kg/m ³	0,00575 kN/m
Pojízdná difúzní fólie Jutadach (Tyvek)	-	0 kN/m
Ocelový pozinkovaný rošt 50mm	33,3kg/m ²	0,333 kN/m
Parotěsná zábrana Jutafol Al (Sunflex)	-	0 kN/m
Sádrokartón GKF - 15mm	800 kg/m ³	0,12 kN/m
Součet		0,889 kN/m

Zatížení sněhem

Sklon střechy	35 °
Sněhová oblast	IV
Základní tíha sněhu (char. Hodnota s_k)	2,25 kN/m ²
Typ krajiny	chránená
Součinitel expozice C_e	1,20
Tepelný součinitel C_t	1,00
Tvarový součinitel pro sních	
Součinitel ψ_0 pro sních	0,50
Tvarový součinitel μ_1	0,6667
Zatížení sněhem	1,80 kN/m ²

Zatížení větrem

Sedlové střechy

		$C_{pe1}=C_{pe10}$	
$\theta = 0^\circ$		F, G	H
Součinitel pro návětrnou část	$C_{f,nav.}$	0,70	0,466
		-0,333	-0,133
		I	J
Součinitel pro zavětrnou část (lin. Interpolace)	$C_{f,zav.}$	0	0
		-0,333	-0,433
Tlak větru - náv. strana	$F_{w,náv.}$	403	N/m ²
* vodorovná složka		231	N/m ²
* svislá složka		330	N/m ²
Tlak větru - záv. strana	$F_{w,záv.}$	-249	N/m ²
* vodorovná složka		-143	N/m ²
* svislá složka		-204	N/m ²

$\theta = 90^\circ$	C_{pe10}	C_{pe1}
F	-1,10	-1,50
G	-1,40	-2,00
H	-0,83	-1,20
I	-0,50	-0,50

Tlak větru - F	-633	-863	N/m ²
* vodorovná složka	-363	-495	N/m ²
* svislá složka	-518	-707	N/m ²
Tlak větru - G	-805	-1150	N/m ²
* vodorovná složka	-462	-660	N/m ²
* svislá složka	-659	-942	N/m ²
Tlak větru - H	-477	-690	N/m ²
* vodorovná složka	-274	-396	N/m ²
* svislá složka	-391	-565	N/m ²
Tlak větru - I	-288	-288	N/m ²
* vodorovná složka	-165	-165	N/m ²
* svislá složka	-236	-236	N/m ²

Valbové střechy

$\Theta = 90^\circ/0^\circ$	C_{pe10}	C_{pe1}
F	-0,333	-1,000 0,560
G	-0,333	-1,000 0,700
H	-0,133	0,466
I	-0,360	
J	-0,660	-1,000
K	-0,430	
L	-1,360	-2,000
M	-0,800	-1,200
N	-0,200	

Příloha C

Posouzení dřevěných prvků

Posudek na max. kladní moment v poli obyčejné krokve

výška =	0,16	m	f_{c0k} =	21	MPa	f_{c0d} =	14,538	MPa
šířka =	0,1	m	f_{t0k} =	14	MPa	f_{t0d} =	9,692	MPa
N =	-11,033	kN	f_{myk} =	24	MPa	f_{myd} =	16,615	MPa
M_y =	4,715	kN	f_{vk} =	2,6	MPa	f_{vd} =	1,800	MPa
M_z =	0	kN	$E_{0,05}$ =	7,4	GPa			
			K_{mod} =	0,7	dlhodobé			
A =	0,016	m ²						
I_y =	3,41E-05	m ⁴	I_z =	1,33E-05	m ⁴			
i_y =	0,046	m	i_z =	0,029	m			
W_y =	4,27E-04	m ³	W_z =	2,67E-04				
L_{cry} =	4,062	m	L_{crz} =	4,062	m			
λ_y =	87,945		λ_z =	140,712				
λ_{rel} =	1,491		λ_{rel} =	2,386				
K_y =	1,731		K_z =	3,555				
$K_{c,y}$ =	0,383		$K_{c,z}$ =	0,162				
$\sigma_{c,0,d}$ =	0,690	MPa						
$\sigma_{m,y,d}$ =	11,051	MPa	$\sigma_{m,z,d}$ =	0,000	MPa			
vliv tlaku = 0,124			vliv tlaku = 0,294					
vliv ohybu,y = 0,665			vliv ohybu,z = 0,000					
Součet = 0,680			vyhoví			Součet = 0,552		
						vyhoví		

Posudek na maximální tlakovou normálovou sílu

výška =	0,16	m	f_{c0k} =	21	MPa	f_{c0d} =	14,538	MPa
šířka =	0,1	m	f_{t0k} =	14	MPa	f_{t0d} =	9,692	MPa
N =	-25,928	kN	f_{myk} =	24	MPa	f_{myd} =	16,615	MPa
M_y =	1,377	kN	$E_{0,05}$ =	7,4	GPa	f_{vd} =	1,800	MPa
M_z =	-0,023	kN	K_{mod} =	0,7	dlhodobé			
			f_{vk} =	2,6	MPa			
A =	0,016	m ²						
I_y =	3,41E-05	m ⁴	I_z =	1,33E-05	m ⁴			
i_y =	0,046	m	i_z =	0,029	m			
W_y =	0,000427	m ³	W_z =	0,000267				
L_{cry} =	3,211	m	L_{crz} =	3,211	m			
$\lambda_{y,d}$ =	69,520		$\lambda_{z,d}$ =	111,232				
λ_{rel} =	1,179		λ_{rel} =	1,886				
K_y =	1,283		K_z =	2,437				
$K_{c,y}$ =	0,559		$K_{c,z}$ =	0,251				
$\sigma_{c,0,d}$ =	1,621	MPa						
$\sigma_{m,y,d}$ =	3,227	MPa	$\sigma_{m,z,d}$ =	0,086	MPa			
vpliv tlaku = 0,199			vpliv tlaku = 0,444					
vpliv ohybu,y = 0,194			vpliv ohybu,z = 0,004					
Součet = 0,237			vyhoví			Součet = 0,337		
						vyhoví		

Posudek na maximální záporný nadpodporový moment v místě připojení kleštiny na krokev

výška =	0,106	m	fc0k =	21	MPa	fc0d =	14,538	MPa
šířka =	0,1	m	ft0k =	14	MPa	ft0d =	9,692	MPa
N =	0	kN	fmyk =	24	MPa	fmyd =	16,615	MPa
My =	-2,875	kN	E0,05 =	7,4	GPa	fvd =	1,800	MPa
Mz =	-0,023	kN	Kmod =	0,7	dlhodobé			
			fvk =	2,6	MPa			
A =	0,0106	m^2						
Iy =	9,925E-06	m^4	Iz =	8,833E-06	m^4			
iy =	0,031	m	iz =	0,029	m			
Wy =	0,0001873	m^3	Wz =	0,0001767				
Sigma,myd =	15,352	MPa	gma,mzd	0,130	MPa			
vliv ohybu, y				0,924				
vliv ohybu, z				0,008				
Součet				0,929	vyhoví			

výška =	0,22	m	fc0k =	21	MPa	fc0d =	14,538	MPa
šířka =	0,12	m	ft0k =	14	MPa	ft0d =	9,692	MPa
N =	-13,762	kN	fmyk =	24	MPa	fmyd =	16,615	MPa
My =	2,328	kN	fvk =	2,6	MPa	fvd =	1,800	MPa
Mz =	0	kN	E0,05 =	7,4	GPa			
			Kmod =	0,7	dlhodobé			
A =	0,0264	m^2						
Iy =	0,000106	m^4	Iz =	3,17E-05	m^4			
iy =	0,064	m	iz =	0,035	m			
Wy =	9,68E-04	m^3	Wz =	5,28E-04				
Lcry =	5,403	m	Lcrz =	5,403	m			
λy =	85,075		λz =	155,971				
λrel =	1,443		λrel =	2,645				
Ky =	1,655		Kz =	4,232				
Kc,y =	0,406		Kc,z =	0,133				
σc,0,d =	0,521	MPa						
σm,y,d =	2,405	MPa	σm,z,d =	0,000	MPa			

Posudek na maximální kladní moment v poli nárožní krokve

vliv tlaku	0,088		vliv tlaku	0,270	
vliv ohybu, y	0,145		vliv ohybu, z	0,000	
Součet	0,153	vyhoví	Součet	0,174	vyhoví

výška =	0,22	m	fc0k =	21	MPa	fc0d =	14,538	MPa
šířka =	0,12	m	ft0k =	14	MPa	ft0d =	9,692	MPa
N =	-18,121	kN	fmyk =	24	MPa	fmyd =	16,615	MPa
My =	1,179	kN	E0,05 =	7,4	GPa	fvd =	1,800	MPa
Mz =	-1,467	kN	Kmod =	0,7	dlhodobé			
			fvk =	2,6	MPa			
A =	0,0264	m^2						
Iy =	0,000106	m^4	Iz =	3,17E-05	m^4			
iy =	0,064	m	iz =	0,035	m			
Wy =	0,000968	m^3	Wz =	0,000528				
Lcry =	5,403	m	Lcrz =	5,403	m			
λday =	85,075		λdaz =	155,971				
λrel =	1,443		λrel =	2,645				
Ky =	1,655		Kz =	4,232				
Kc,y =	0,406		Kc,z =	0,133				
Sigma,c0d =	0,686	MPa						
Sigma,myd =	1,218	MPa	Sigma,mzd =	2,778	MPa			

Posudek na maximální tlakovou normálovou sílu

vliv tlaku	0,116		vliv tlaku	0,356	
vliv tlaku, y	0,073		vliv tlaku, z	0,117	
Součet	0,391	vyhoví	Součet	0,434	vyhoví

výška =	0,22	m	f_{c0k} =	21	MPa	f_{c0d} =	14,538	MPa
šířka =	0,12	m	f_{t0k} =	14	MPa	f_{t0d} =	9,692	MPa
N =	0	kN	f_{myk} =	24	MPa	f_{myd} =	16,615	MPa
M_y =	-2,007	kN	$E_{0,05}$ =	7,4	GPa	f_{vd} =	1,800	MPa
M_z =	-0,443	kN	K_{mod} =	0,7	hodobé			
			f_{vk} =	2,6	MPa			
A =	0,0264	m ²						
I_y =	0,00011	m ⁴	I_z =	3,2E-05	m ⁴			
i_y =	0,064	m	i_z =	0,035	m			
W_y =	0,00097	m ³	W_z =	0,00053				
Σ_{myd} =	2,073	MPa	Σ_{mzd} =	0,839	MPa			

Posudek na maximální záporný nadpodporový moment		
vliv ohybu, y	0,125	
vliv ohybu, z	0,035	
Součet	0,150	vyhoví

výška =	0,22	m	f_{c0k} =	21	MPa	f_{c0d} =	14,538	MPa
šířka =	0,12	m	f_{t0k} =	14	MPa	f_{t0d} =	9,692	MPa
N =	-15,473	kN	f_{myk} =	24	MPa	f_{myd} =	16,615	MPa
M_y =	7,537	kN	f_{vk} =	2,6	MPa	f_{vd} =	1,800	MPa
M_z =	-1,136	kN	$E_{0,05}$ =	7,4	GPa			
			K_{mod} =	0,7	dlhodobé			
A =	0,0264	m ²						
I_y =	0,000106	m ⁴	I_z =	3,17E-05	m ⁴			
i_y =	0,064	m	i_z =	0,035	m			
W_y =	9,68E-04	m ³	W_z =	5,28E-04				
L_{cry} =	4,464	m	L_{crz} =	4,464	m			
λ_y =	70,290		λ_z =	128,865				
λ_{rel} =	1,192		λ_{rel} =	2,185				
K_y =	1,299		K_z =	3,076				
$K_{c,y}$ =	0,550		$K_{c,z}$ =	0,191				
$\sigma_{c,0,d}$ =	0,586	MPa						
$\sigma_{m,y,d}$ =	7,786	MPa	$\sigma_{m,z,d}$ =	2,152	MPa			

Posudek na maximální kladní moment v poli úžlabní krokve					
vliv tlaku	0,073		vliv tlaku	0,211	
vliv ohybu, y	0,469		vliv ohybu, z	0,091	
Součet	0,537	vyhoví	Součet	0,463	vyhoví

výška =	0,18	m	f _{c0k} =	21	MPa	f _{c0d} =	14,538	MPa
šířka =	0,12	m	f _{t0k} =	14	MPa	f _{t0d} =	9,692	MPa
N =	-19,186	kN	f _{myk} =	24	MPa	f _{myd} =	16,615	MPa
M _y =	7,052	kN	f _{vk} =	2,6	MPa	f _{vd} =	1,800	MPa
M _z =	-1,892	kN	E _{0,05} =	7,4	GPa			
			K _{mod} =	0,7	dlhodobé			
A =	0,0216	m ²						
I _y =	5,83E-05	m ⁴	I _z =	2,59E-05	m ⁴			
i _y =	0,052	m	i _z =	0,035	m			
W _y =	6,48E-04	m ³	W _z =	4,32E-04				
L _{cry} =	5,019	m	L _{crz} =	4,019	m			
λ _y =	96,591		λ _z =	116,019				
λ _{rel} =	1,638		λ _{rel} =	1,967				
K _y =	1,975		K _z =	2,602				
K _{c,y} =	0,325		K _{c,z} =	0,232				
σ _{c,0,d} =	0,888	MPa						
σ _{m,y,d} =	10,883	MPa	σ _{m,z,d} =	4,380	MPa			
Posudek na maximální kladní moment v poli úžlabní krokve								
vliv tlaku	0,188		vliv tlaku	0,263				
vliv ohybu, y	0,655		vliv ohybu, z	0,185				
Součet	0,820	vyhoví	Součet	0,712	vyhoví			

výška =	0,18	m	f _{c0k} =	21	MPa	f _{c0d} =	14,538	MPa
šířka =	0,12	m	f _{t0k} =	14	MPa	f _{t0d} =	9,692	MPa
N =	0	kN	f _{myk} =	24	MPa	f _{myd} =	16,615	MPa
M _y =	-7,4	kN	E _{0,05} =	7,4	GPa	f _{vd} =	1,800	MPa
M _z =	-1,9	kN	K _{mod} =	0,7	dlhodobé			
			f _{vk} =	2,6	MPa			
A =	0,02	m ²						
I _y =	0	m ⁴	I _z =	2,59E-05	m ⁴			
i _y =	####	m	i _z =	0,035	m			
W _y =	0	m ³	W _z =	0,000432				
Sigma _{m,yd} =	####	MPa	Sigma _{m,zd} :	4,380	MPa			
Posudek na maximální záporný nadpodporový moment								
vliv ohybu, y	0,688							
vliv ohybu, z	0,185							
Součet	0,818	vyhoví						

výška =	0,18	m	f _{c0k} =	21	MPa	f _{c0d} =	14,538	MPa
šířka =	0,12	m	f _{t0k} =	14	MPa	f _{t0d} =	9,692	MPa
N =	-19,34	kN	f _{myk} =	24	MPa	f _{myd} =	16,615	MPa
M _y =	-7,239	kN	E _{0,05} =	7,4	GPa	f _{vd} =	1,800	MPa
M _z =	-1,745	kN	K _{mod} =	0,7	dlhodobé			
			f _{vk} =	2,6	MPa			
A =	0,0216	m ²						
I _y =	5,83E-05	m ⁴	I _z =	2,59E-05	m ⁴			
i _y =	0,052	m	i _z =	0,035	m			
W _y =	0,000648	m ³	W _z =	0,000432				
L _{cry} =	5,019	m	L _{crz} =	5,019	m			
λ _{bd,y} =	96,591		λ _{bd,z} =	144,886				
λ _{rel} =	1,638		λ _{rel} =	2,457				
K _y =	1,975		K _z =	3,734				
K _{c,y} =	0,325		K _{c,z} =	0,153				
Sigma _{c,0d} =	0,895	MPa						
Sigma _{m,yd} =	11,171	MPa	Sigma _{m,zd} =	4,039	MPa			
Posudek na maximální tlakovou normálovou sílu								
vliv tlaku	0,190		vliv tlaku	0,403				
vliv ohybu, y	0,672		vliv ohybu, z	0,170				
Součet	0,827	vyhoví	Součet	0,803	vyhoví			

výška =	0,16	m	$f_{ck} =$	21	MPa	$f_{cd} =$	14,538	MPa
šířka =	0,1	m	$f_{tk} =$	14	MPa	$f_{td} =$	9,692	MPa
N =	0	kN	$f_{myk} =$	24	MPa	$f_{myd} =$	16,615	MPa
$M_y =$	2,769	kN	$f_{vk} =$	2,6	MPa	$f_{vd} =$	1,800	MPa
$M_z =$	-0,137	kN	$E_{0,05} =$	7,4	GPa			
			$K_{mod} =$	0,7	dlhodobé			
A =	0,016	m ²						
$I_y =$	3,41333E-05	m ⁴	$I_z =$	1,33E-05	m ⁴			
$i_y =$	0,046	m	$i_z =$	0,029	m			
$W_y =$	4,27E-04	m ³	$W_z =$	2,67E-04				
$\sigma_{m,y,d} =$	6,490	MPa	$\sigma_{m,z,d} =$	0,514	MPa			
Posudek na max. kladní moment v poli úžlabní krokve								
vliv ohybu, y	0,391							
vliv ohybu, z	0,022							
Součet	0,406		vyhoví					

výška =	0,16	m	$f_{ck} =$	21	MPa	$f_{cd} =$	14,538	MPa
šířka =	0,1	m	$f_{tk} =$	14	MPa	$f_{td} =$	9,692	MPa
N =	0	kN	$f_{myk} =$	24	MPa	$f_{myd} =$	16,615	MPa
$M_y =$	-4,236	kN	$E_{0,05} =$	7,4	GPa	$f_{vd} =$	1,800	MPa
$M_z =$	-0,24	kN	$K_{mod} =$	0,7	dlhodobé			
			$f_{vk} =$	2,6	MPa			
A =	0,016	m ²						
$I_y =$	3,41E-05	m ⁴	$I_z =$	1,33E-05	m ⁴			
$i_y =$	0,046	m	$i_z =$	0,029	m			
$W_y =$	0,000427	m ³	$W_z =$	0,000267				
$\sigma_{m,y,d} =$	9,928	MPa	$\sigma_{m,z,d} =$	0,900	MPa			
Posudek na maximální záporný nadpodporový moment vrcholové vaznice								
vliv ohybu, y	0,598							
vliv ohybu, z	0,038							
Součet	0,624		vyhoví					

výška =	0,18	m	$f_{ck} =$	21	MPa	$f_{cd} =$	14,538	MPa
šířka =	0,14	m	$f_{tk} =$	14	MPa	$f_{td} =$	9,692	MPa
N =	-15,436	kN	$f_{myk} =$	24	MPa	$f_{myd} =$	16,615	MPa
$M_y =$	4,743	kN	$f_{vk} =$	2,6	MPa	$f_{vd} =$	1,800	MPa
$M_z =$	3,703	kN	$E_{0,05} =$	7,4	GPa			
			$K_{mod} =$	0,7	dlhodobé			
			$k_m =$	0,7	pro obdélníkové průřezy			
A =	0,0252	m ²						
$I_y =$	6,8E-05	m ⁴	$I_z =$	4,12E-05	m ⁴			
$i_y =$	0,052	m	$i_z =$	0,040	m			
$W_y =$	7,56E-04	m ³	$W_z =$	5,88E-04				
$L_{cry} =$	3,32	m	$L_{crz} =$	3,32	m			
$\lambda_y =$	63,893		$\lambda_z =$	82,149				
$\lambda_{rel} =$	1,083		$\lambda_{rel} =$	1,393				
$K_y =$	1,165		$K_z =$	1,579				
$K_{c,y} =$	0,627		$K_{c,z} =$	0,430				
$\sigma_{c,0,d} =$	0,613	MPa						
$\sigma_{m,y,d} =$	6,274	MPa	$\sigma_{m,z,d} =$	6,298	MPa			
Posudek na maximální moment M_y v poli středové vaznice								
vliv tlaku	0,067		vliv tlaku	0,098				
vliv ohybu, y	0,378		vliv ohybu, z	0,379				
Součet	0,647	vyhoví	Součet	0,653	vyhoví			

výška =	0,18	m	f_{c0k} =	21	MPa	f_{c0d} =	14,538	MPa
šířka =	0,14	m	f_{t0k} =	14	MPa	f_{t0d} =	9,692	MPa
N =	-13,796	kN	f_{myk} =	24	MPa	f_{myd} =	16,615	MPa
M_y =	-0,413	kN	f_{vk} =	2,6	MPa	f_{vd} =	1,800	MPa
M_z =	-6,17	kN	$E_{0,05}$ =	7,4	GPa			
			K_{mod} =	0,7	dlhodobé			
			k_m =	0,7	pro obdélníkové průřezy			
A =	0,0252	m ²						
I_y =	6,8E-05	m ⁴	I_z =	4,12E-05	m ⁴			
i_y =	0,052	m	i_z =	0,040	m			
W_y =	7,56E-04	m ³	W_z =	5,88E-04				
L_{cry} =	3,32	m	L_{crz} =	3,32	m			
λ_y =	63,893		λ_z =	82,149				
λ_{rel} =	1,083		λ_{rel} =	1,393				
K_y =	1,165		K_z =	1,579				
$K_{c,y}$ =	0,627		$K_{c,z}$ =	0,430				
$\sigma_{c,0,d}$ =	0,547	MPa						
$\sigma_{m,y,d}$ =	0,546	MPa	$\sigma_{m,z,d}$ =	10,493	MPa			
Posudek na maximální moment M_z v poli středové vaznice								
vliv tlaku	0,060		vliv tlaku	0,088				
vliv ohybu, y	0,033		vliv ohybu, z	0,632				
Součet	0,479	vyhoví	Součet	0,662	vyhoví			

výška =	0,18	m	f_{c0k} =	21	MPa	f_{c0d} =	14,538	MPa
šířka =	0,14	m	f_{t0k} =	14	MPa	f_{t0d} =	9,692	MPa
N =	-20,101	kN	f_{myk} =	24	MPa	f_{myd} =	16,615	MPa
M_y =	2,486	kN	f_{vk} =	2,6	MPa	f_{vd} =	1,800	MPa
M_z =	0,96	kN	$E_{0,05}$ =	7,4	GPa			
			K_{mod} =	0,7	dlhodobé			
			k_m =	0,7	pro obdélníkové průřezy			
A =	0,0252	m ²						
I_y =	6,8E-05	m ⁴	I_z =	4,12E-05	m ⁴			
i_y =	0,052	m	i_z =	0,040	m			
W_y =	7,56E-04	m ³	W_z =	5,88E-04				
L_{cry} =	3,32	m	L_{crz} =	3,32	m			
λ_y =	63,893		λ_z =	82,149				
λ_{rel} =	1,083		λ_{rel} =	1,393				
K_y =	1,165		K_z =	1,579				
$K_{c,y}$ =	0,627		$K_{c,z}$ =	0,430				
$\sigma_{c,0,d}$ =	0,798	MPa						
$\sigma_{m,y,d}$ =	3,288	MPa	$\sigma_{m,z,d}$ =	1,633	MPa			
Posudek na maximální tlakovou normálovou sílu středové vaznice								
vliv tlaku	0,087		vliv tlaku	0,128				
vliv ohybu, y	0,198		vliv ohybu, z	0,098				
Součet	0,274	vyhoví	Součet	0,253	vyhoví			

výška =	0,16	m	f_{c0k} =	21	MPa	f_{c0d} =	14,538	MPa
šířka =	0,08	m	f_{t0k} =	14	MPa	f_{t0d} =	9,692	MPa
N =	-11,046	kN	f_{myk} =	24	MPa	f_{myd} =	16,615	MPa
M_y =	0,942	kN	f_{vk} =	2,6	MPa	f_{vd} =	1,800	MPa
M_z =	0	kN	$E_{0,05}$ =	7,4	GPa			
			K_{mod} =	0,7	dlhodobé			
			k_m =	0,7	pro obdélníkové průřezy			
A =	0,0128	m ²						
I_y =	2,73E-05	m ⁴	I_z =	6,83E-06	m ⁴			
i_y =	0,046	m	i_z =	0,023	m			
W_y =	3,41E-04	m ³	W_z =	1,71E-04				
L_{cry} =	3,4	m	L_{crz} =	3,4	m			
λ_y =	73,612		λ_z =	147,224				
λ_{rel} =	1,248		λ_{rel} =	2,496				
K_y =	1,374		K_z =	3,836				
$K_{c,y}$ =	0,513		$K_{c,z}$ =	0,148				
$\sigma_{c,0,d}$ =	0,863	MPa						
$\sigma_{m,y,d}$ =	2,760	MPa	$\sigma_{m,z,d}$ =	0,000	MPa			
Posudek na maximální moment M_y na kleštině								
vliv tlaku	0,116		vliv tlaku	0,401				
vliv ohybu, y	0,166		vliv ohybu, z	0,000				
Součet	0,179	vyhoví	Součet	0,277	vyhoví			

výška =	0,16	m	f_{c0k} =	21	MPa	f_{c0d} =	14,538	MPa
šířka =	0,08	m	f_{t0k} =	14	MPa	f_{t0d} =	9,692	MPa
N =	-17,222	kN	f_{myk} =	24	MPa	f_{myd} =	16,615	MPa
M_y =	0	kN	f_{vk} =	2,6	MPa	f_{vd} =	1,800	MPa
M_z =	0	kN	$E_{0,05}$ =	7,4	GPa			
			K_{mod} =	0,7	dlhodobé			
			k_m =	0,7	pro obdélníkové průřezy			
A =	0,0128	m ²						
I_y =	2,73E-05	m ⁴	I_z =	6,83E-06	m ⁴			
i_y =	0,046	m	i_z =	0,023	m			
W_y =	3,41E-04	m ³	W_z =	1,71E-04				
L_{cry} =	3,4	m	L_{crz} =	3,4	m			
λ_y =	73,612		λ_z =	147,224				
λ_{rel} =	1,248		λ_{rel} =	2,496				
K_y =	1,374		K_z =	3,836				
$K_{c,y}$ =	0,513		$K_{c,z}$ =	0,148				
$\sigma_{c,0,d}$ =	1,345	MPa						
$\sigma_{m,y,d}$ =	0,000	MPa	$\sigma_{m,z,d}$ =	0,000	MPa			
Posudek na maximální tlakovou sílu v kleštině								
vliv tlaku y	0,180	vyhoví	vliv tlaku z	0,624	vyhoví			

výška =	0,14	m	f_{c0k} =	21	MPa	f_{c0d} =	14,538	MPa
šířka =	0,14	m	f_{t0k} =	14	MPa	f_{t0d} =	9,692	MPa
N =	-9,262	kN	f_{myk} =	24	MPa	f_{myd} =	16,615	MPa
M_y =	0,112	kN	f_{yk} =	2,6	MPa	f_{vd} =	1,800	MPa
M_z =	0	kN	$E_{0,05}$ =	7,4	GPa			
			K_{mod} =	0,7	dlhodobé			
			k_m =	1	pro obdélníkové průřezy			
A =	0,0196	m ²						
I_y =	3,2E-05	m ⁴	I_z =	3,2E-05	m ⁴			
i_y =	0,040	m	i_z =	0,040	m			
W_y =	4,57E-04	m ³	W_z =	4,57E-04				
L_{cry} =	3,7	m	L_{crz} =	3,7	m			
λ_y =	91,551		λ_z =	91,551				
λ_{rel} =	1,552		λ_{rel} =	1,552				
K_y =	1,830		K_z =	1,830				
$K_{c,y}$ =	0,357		$K_{c,z}$ =	0,357				
$\sigma_{c,0,d}$ =	0,473	MPa						
$\sigma_{m,y,d}$ =	0,245	MPa	$\sigma_{m,z,d}$ =	0,000	MPa			
Posudek na maximální osovou normálovou sílu šikmé vzpěry								
vliv tlaku	0,091		vliv tlaku	0,091				
vliv ohybu, y	0,015		vliv ohybu, z	0,000				
Součet	0,023	vyhoví	Součet	0,023	vyhoví			

výška =	0,14	m	f_{c0k} =	21	MPa	f_{c0d} =	14,538	MPa
šířka =	0,14	m	f_{t0k} =	14	MPa	f_{t0d} =	9,692	MPa
N =	-8,857	kN	f_{myk} =	24	MPa	f_{myd} =	16,615	MPa
M_y =	0,045	kN	f_{yk} =	2,6	MPa	f_{vd} =	1,800	MPa
M_z =	0	kN	$E_{0,05}$ =	7,4	GPa			
			K_{mod} =	0,7	dlhodobé			
			k_m =	1	pro obdélníkové průřezy			
A =	0,0196	m ²						
I_y =	3,2E-05	m ⁴	I_z =	3,2E-05	m ⁴			
i_y =	0,040	m	i_z =	0,040	m			
W_y =	4,57E-04	m ³	W_z =	4,57E-04				
L_{cry} =	2	m	L_{crz} =	2	m			
λ_y =	49,487		λ_z =	49,487				
λ_{rel} =	0,839		λ_{rel} =	0,839				
K_y =	0,906		K_z =	0,906				
$K_{c,y}$ =	0,802		$K_{c,z}$ =	0,802				
$\sigma_{c,0,d}$ =	0,452	MPa						
$\sigma_{m,y,d}$ =	0,098	MPa	$\sigma_{m,z,d}$ =	0,000	MPa			
Posudek na maximální osovou normálovou sílu šikmé vzpěry								
vliv tlaku	0,039		vliv tlaku	0,039				
vliv ohybu, y	0,006		vliv ohybu, z	0,000				
Součet	0,007	vyhoví	Součet	0,007	vyhoví			

výška =	0,1	m	f_{c0k} =	21	MPa	f_{c0d} =	14,538	MPa
šířka =	0,12	m	f_{t0k} =	14	MPa	f_{t0d} =	9,692	MPa
N =	-21,1	kN	f_{myk} =	24	MPa	f_{myd} =	16,615	MPa
M_y =	0	kN	f_{vk} =	2,6	MPa	f_{vd} =	1,800	MPa
M_z =	0	kN	$E_{0,05}$ =	7,4	GPa			
			K_{mod} =	0,7	dlhodobé			
			k_m =	0,7	pro obdélníkové průřezy			
A =	0,012	m ²						
I_y =	0,00001	m ⁴	I_z =	1,44E-05	m ⁴			
i_y =	0,029	m	i_z =	0,035	m			
W_y =	2,00E-04	m ³	W_z =	2,40E-04				
L_{cry} =	1,055	m	L_{crz} =	1,055	m			
λ_y =	36,546		λ_z =	30,455				
λ_{rel} =	0,620		λ_{rel} =	0,516				
K_y =	0,724		K_z =	0,655				
$K_{c,y}$ =	0,910		$K_{c,z}$ =	0,945				
$\sigma_{c,0,d}$ =	1,758	MPa						
$\sigma_{m,y,d}$ =	0,000	MPa	$\sigma_{m,z,d}$ =	0,000	MPa			
Posudek na maximální osovou normálovou sílu pásku								
vliv tlaku y	0,133	vyhoví	vliv tlaku z	0,128	vyhoví			
Součet	0,018	vyhoví	Součet	0,016	vyhoví			

výška =	0,16	m	f_{c0k} =	21	MPa	f_{c0d} =	14,538	MPa
šířka =	0,1	m	f_{t0k} =	14	MPa	f_{t0d} =	9,692	MPa
N =	-6,047	kN	f_{myk} =	24	MPa	f_{myd} =	16,615	MPa
M_y =	2,992	kN	f_{vk} =	2,6	MPa	f_{vd} =	1,800	MPa
M_z =	0,262	kN	$E_{0,05}$ =	7,4	GPa			
			K_{mod} =	0,7	dlhodobé			
			k_m =	0,7	pro obdélníkové průřezy			
A =	0,016	m ²						
I_y =	3,41E-05	m ⁴	I_z =	1,33E-05	m ⁴			
i_y =	0,046	m	i_z =	0,029	m			
W_y =	4,27E-04	m ³	W_z =	2,67E-04				
L_{cry} =	0,566	m	L_{crz} =	0,566	m			
λ_y =	12,254		λ_z =	19,607				
λ_{rel} =	0,208		λ_{rel} =	0,332				
K_y =	0,512		K_z =	0,559				
$K_{c,y}$ =	1,020		$K_{c,z}$ =	0,993				
$\sigma_{c,0,d}$ =	0,378	MPa						
$\sigma_{m,y,d}$ =	7,013	MPa	$\sigma_{m,z,d}$ =	0,983	MPa			
Posudek na maximální osovou normálovou sílu vazného trámu								
vliv tlaku	0,025		vliv tlaku	0,026				
vliv ohybu y	0,422		vliv ohybu z	0,059				
Součet	0,464	vyhoví	Součet	0,355	vyhoví			

výška =	0,14	m	f_{c0k} =	21	MPa	f_{c0d} =	14,538	MPa
šířka =	0,14	m	f_{t0k} =	14	MPa	f_{t0d} =	9,692	MPa
N =	-23,82	kN	f_{myk} =	24	MPa	f_{myd} =	16,615	MPa
M_y =	-3,105	kN	f_{vk} =	2,6	MPa	f_{vd} =	1,800	MPa
M_z =	-0,194	kN	$E_{0,05}$ =	7,4	GPa			
			K_{mod} =	0,7	dlhodobé			
A =	0,0196	m ²	k_m =	1				
I_y =	3,2E-05	m ⁴	I_z =	3,2E-05	m ⁴			
i_y =	0,040	m	i_z =	0,040	m			
W_y =	4,57E-04	m ³	W_z =	4,57E-04				
L_{cry} =	3,3	m	L_{crz} =	3,3	m			
λ_y =	81,654		λ_z =	81,654				
λ_{rel} =	1,385		λ_{rel} =	1,385				
K_y =	1,567		K_z =	1,567				
$K_{c,y}$ =	0,435		$K_{c,z}$ =	0,435				
$\sigma_{c,0,d}$ =	1,215	MPa						
$\sigma_{m,y,d}$ =	6,789	MPa	$\sigma_{m,z,d}$ =	0,424	MPa			
Posudek na maximální moment M_y sloupu								
vliv tlaku	0,192		vliv tlaku	0,192				
vliv ohybu, y	0,409		vliv ohybu, z	0,026				
Součet	0,626	vyhoví	Součet	0,626	vyhoví			

výška =	0,14	m	f_{c0k} =	21	MPa	f_{c0d} =	14,538	MPa
šířka =	0,14	m	f_{t0k} =	14	MPa	f_{t0d} =	9,692	MPa
N =	-11,637	kN	f_{myk} =	24	MPa	f_{myd} =	16,615	MPa
M_y =	-0,17	kN	f_{vk} =	2,6	MPa	f_{vd} =	1,800	MPa
M_z =	-1,35	kN	$E_{0,05}$ =	7,4	GPa			
			K_{mod} =	0,7	dlhodobé			
A =	0,0196	m ²	k_m =	1				
I_y =	3,2E-05	m ⁴	I_z =	3,2E-05	m ⁴			
i_y =	0,040	m	i_z =	0,040	m			
W_y =	4,57E-04	m ³	W_z =	4,57E-04				
L_{cry} =	3,3	m	L_{crz} =	3,3	m			
λ_y =	81,654		λ_z =	81,654				
λ_{rel} =	1,385		λ_{rel} =	1,385				
K_y =	1,567		K_z =	1,567				
$K_{c,y}$ =	0,435		$K_{c,z}$ =	0,435				
$\sigma_{c,0,d}$ =	0,594	MPa						
$\sigma_{m,y,d}$ =	0,372	MPa	$\sigma_{m,z,d}$ =	2,952	MPa			
Posudek na maximální moment M_y sloupu								
vliv tlaku	0,094		vliv tlaku	0,094				
vliv ohybu, y	0,022		vliv ohybu, z	0,178				
Součet	0,294	vyhoví	Součet	0,294	vyhoví			

výška =	0,14	m	f_{c0k} =	21	MPa	f_{c0d} =	14,538	MPa
šířka =	0,14	m	f_{t0k} =	14	MPa	f_{t0d} =	9,692	MPa
N =	-27,893	kN	f_{myk} =	24	MPa	f_{myd} =	16,615	MPa
M_y =	-0,49	kN	f_{vk} =	2,6	MPa	f_{vd} =	1,800	MPa
M_z =	0,49	kN	$E_{0,05}$ =	7,4	GPa			
			K_{mod} =	0,7	dlhodobé			
A =	0,0196	m ²	k_m =	1				
I_y =	3,2E-05	m ⁴	I_z =	3,2E-05	m ⁴			
i_y =	0,040	m	i_z =	0,040	m			
W_y =	4,57E-04	m ³	W_z =	4,57E-04				
L_{cry} =	2,46	m	L_{crz} =	2,46	m			
λ_y =	60,869		λ_z =	60,869				
λ_{rel} =	1,032		λ_{rel} =	1,032				
K_y =	1,106		K_z =	1,106				
$K_{c,y}$ =	0,665		$K_{c,z}$ =	0,665				
$\sigma_{c,0,d}$ =	1,423	MPa						
$\sigma_{m,y,d}$ =	1,071	MPa	$\sigma_{m,z,d}$ =	1,071	MPa			

Posudek na maximální moment M_y sloupu					
vliv tlaku	0,147		vliv tlaku	0,147	
vliv ohybu, y	0,064		vliv ohybu, z	0,064	
Součet	0,276	vyhoví	Součet	0,276	vyhoví

Příloha D Posouzení spojů

Přepočet vnitřních sil z běžné na nárožní krokev.

Lokálně vnitřní síly			
Běžná krokev	Nárožní krokev		
$N = -8,179 \text{ kN}$	$N_N = -6,327 \text{ kN}$	$V_{yN} = -4,707 \text{ kN}$	$V_{zN} = -3,836 \text{ kN}$
$V_y = 0 \text{ kN}$	$N_{Vy} = 0,000 \text{ kN}$	$V_{yVy} = 0,000 \text{ kN}$	$V_{zVy} = 0,000 \text{ kN}$
$V_z = -2,454 \text{ kN}$	$N_{Vz} = -1,151 \text{ kN}$	$V_{yVz} = -1,412 \text{ kN}$	$V_{zVz} = -1,898 \text{ kN}$
$N = -7,478 \text{ kN}$ $V_y = -6,119 \text{ kN}$ $V_z = -5,734 \text{ kN}$			
výslednice ze sil N a $V_z = 9,423 \text{ kN}$ úhel výslednice k lokálně svyslici = 53°			

Vrutový spoj

Minimální rozteče/vzdálenosti od konců/okrajů

Nezatížená kleština

pro nárožní krokev

$\alpha = 37^\circ$	$a_1 =$	67 mm
$d = 14$	$a_2 =$	50 mm
	$a_{3t} =$	154 mm
	$a_{3c} =$	98 mm
	$a_{4t} =$	76 mm
	$a_{4c} =$	42 mm

pro běžnou krokev

$\alpha = 32^\circ$	$a_1 =$	68 mm
$d = 14$	$a_2 =$	49 mm
	$a_{3t} =$	157 mm
	$a_{3c} =$	98 mm
	$a_{4t} =$	72 mm
	$a_{4c} =$	42 mm

Výpočet počtu spojovacích prostředků

Vrutový spoj - Nárožní krokav x běžná krokav

typ dřeva (jehličnaté, LVL, listnaté)	jehličnaté	vždy předvrtané otvory Zanedbání účinků sepětí.
mez pevnosti vrutů v tahu- $f_{u,k}$	600 MPa	
průměr vrutů - d	14 mm	Je třeba předvrtat otvory pro hřebíky
Posuzovaná síla - $N_{c,d}$	9,423 kN	
hustota dřeva ρ_k - prvek 1	360 kg/m ³	
hustota dřeva ρ_k - prvek 2	360 kg/m ³	
hustota dřeva ρ_k - prvek 3	0 kg/m ⁴	
K_{mod}	0,7	
Y_M	1,3	
úhel zatížení vzhledem k vláknům - α	37 °	prvek 1
úhel zatížení vzhledem k vláknům - α	90 °	prvek 2
k_{90}	1,56	

Rozměry spoje:

prvek 1 - tloušťka	120 mm	
prvek 2 - tloušťka	100 mm	
prvek 3 - tloušťka	0 mm	=> Jednostřížný spoj
délka hřebíku	220 mm	
t_1 =	120 mm	
t_2 =	100 mm	

	prvek 1	prvek 2	prvek 3
Pevnost dřeva v otláčení - $f_{h,k}$ [N/mm ²]	21,106	16,274	0,000
Plastický moment únosnosti hřebíku - $M_{y,Rk}$ [Nmm]	171 872,106	171 872,106	171 872,106
β	0,771		

Charakteristická únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku - $F_{v,Rk}$

Jednostřížné namáhání	Dvojstřížné namáhání
a) 35,459 [kN]	g) 35,459 [kN]
b) 22,783 [kN]	h) 11,392 [kN]
c) 12,213 [kN]	i) 13,206 [kN]
d) 13,206 [kN]	j) 10,815 [kN]
e) 9,040 [kN]	
f) 10,815 [kN]	

Výslední únosnost pro jednostřížný spoj

$F_{v,Rk}$ 9,040 [kN]

$F_{v,Rd}$ 4,867 [kN]

Výslední únosnost pro dvojstřížný spoj

21,630 [kN]

11,647 [kN]

n = 2 počet spojovacích prvků

Výpočet počtu spojovacích prostředků

Svorníkový spoj - kleština

typ dřeva (jehličnaté, LVL, listnaté)

jehličnaté

vždy předvrtané otvory

Zanedbání účinků sepětí.

mez pevnosti svorníku v tahu- $f_{u,k}$

600 MPa

průměr svorníku - d

14 mm

Posuzovaná síla - $N_{c,d}$

17,258 kN

hustota dřeva ρ_k - prvek 1

360 kg/m³

hustota dřeva ρ_k - prvek 2

360 kg/m³

hustota dřeva ρ_k - prvek 3

0 kg/m⁴

K_{mod}

0,7

Y_M

1,3

úhel zatížení vzhledem k vláknům - α

31 °

prvek 1

úhel zatížení vzhledem k vláknům - α

4 °

prvek 2

k_{90}

1,56

Rozměry spoje:

prvek 1 - tloušťka

100 mm

prvek 2 - tloušťka

80 mm

prvek 3 - tloušťka

0 mm

=> Jednostřížný spoj

délka svorníku

180 mm

$t_1=$

100 mm

$t_2=$

80 mm

Pevnost dřeva v otlacení - $f_{h,k}$ [N/mm²]

prvek 1

22,104

prvek 2

25,318

prvek 3

0,000

Plastický moment únosnosti hřebíku - $M_{v,Rk}$ [Nmm]

171 872,106

171 872,106

171 872,106

β

1,145

Charakteristická únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku - $F_{v,Rk}$

Jednosřížné namáhání

Dvojstřížné namáhání

a) 30,945 [kN]

g) 30,945 [kN]

b) 28,356 [kN]

h) 14,178 [kN]

c) 12,338 [kN]

i) 12,863 [kN]

d) 12,863 [kN]

j) 12,256 [kN]

e) 10,344 [kN]

f) 12,256 [kN]

Výslední únosnost pro jednostřížný spoj

Výslední únosnost pro dvojstřížný spoj

$F_{v,Rk}$

10,344 [kN]

24,512 [kN]

$F_{v,Rd}$

5,570 [kN]

13,199 [kN]

n

=

4

počet spojovacích prvků

Svorníkový spoj

Minimální rozteče/vzdálenosti od konců/okrajů

pro kleštinu

$$\alpha = 4^\circ$$

$$d = 16$$

$$a_1 = 80 \text{ mm}$$

$$a_2 = 64 \text{ mm}$$

$$a_{3t} = 112 \text{ mm}$$

$$a_{3c} = 64 \text{ mm}$$

$$a_{4t} = 48 \text{ mm}$$

$$a_{4c} = 48 \text{ mm}$$

pro krokev

$$\alpha = 31^\circ$$

$$d = 16$$

$$a_1 = 78 \text{ mm}$$

$$a_2 = 64 \text{ mm}$$

$$a_{3t} = 112 \text{ mm}$$

$$a_{3c} = 64 \text{ mm}$$

$$a_{4t} = 48 \text{ mm}$$

$$a_{4c} = 48 \text{ mm}$$